



GENOMFÖRINGAR I BRANDAVSKILJANDE KONSTRUKTIONER I LANTBRUKSBYGGNADER

PENETRATIONS TROUGH SEPARATING ELEMENTS IN FARM BUILDINGS

Maria Andersson

Examensarbete

**Institutionen för lantbruksteknik
Avdelningen för byggnadsvetenskap**

**Rapport 230
Report 230**

**Swedish University of Agricultural Sciences
Department of Agricultural Engineering
Building Design Section**

**Uppsala 1998
ISSN 00283-0086
ISRN SLU-LT-R-230-SE**

FÖRORD

Lantbruket drabbas ständigt av bränder, som orsakar lantbrukarna såväl stort ekonomiskt avbräck som lidande. De totala brandskadekostnaderna har sedan slutet av 1980-talet legat i intervallet 200-300 Mkr (löpande penningvärde). Antalet brandskador årligen inom lantbruket har sedan 1993 legat relativt stabilt strax under 4000 st, vilket gällt fram till 1997 då sommarens åskoväder, med åtföljande rapporterade överspänningsskador, medfört att siffran preliminärt hamnar runt ca 7000 st.

Lantbrukets brandskyddskommitté (LBK) är ett samarbets- och samverkansorgan med företrädare för lantbruket, myndigheter, institutioner och försäkringsbolag. Kommitténs övergripande mål är att genom skadeförebyggande verksamhet minska antalet bränder samt skadeomfattningen av brand i lantbruket. Arbetet är i princip inriktat efter två huvudlinjer, nämligen dels att minska skadeomfattningen via ett förbättrat byggnadstekniskt brandskydd, dels uppmärksamma på och bearbeta olika former av brandstiftare för att förhindra brands uppkomst.

En viktig del i det byggnadstekniska brandskyddet består i att utföra brandavskiljande konstruktioner i byggnaderna, med målet att begränsa brandspridningen då brand uppkommit. Det är emellertid då av stor betydelse att inte den brandavskiljande konstruktionen försvagas genom att öppningar, såsom luckor, hål för räls, kabel- eller ventilationsgenomföringar mm, utförs olämpligt.

Detta examensarbete initierades av LBK och dess sekreterare Arne Kallstenius, med målet att öka förståelsen för genomföringarnas betydelse för brand- och brandgasspridningen samt för att sammanställa och peka på lämpliga lösningar för lantbruket. Arbetet har utförts av agr.stud. Maria Andersson som ett 20 poängsarbete vid Institutionen för lantbruksteknik, Avd. för byggnadsvetenskap i Uppsala med undertecknad som huvudhandledare. Arbetet presenterades och diskuterades på ett institutionsseminarium i mars 1998 med docent Bengt Svennerstedt, JBT, Alnarp som opponent. Ett stort tack till alla Er vid olika organisationer, institutioner och företag, ingen nämnd och ingen glömd, för medverkan så att arbetet kunnat genomföras.

Uppsala i april 1998

Christer Nilsson
Handledare

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

| | |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| SAMMANFATTNING | 2 |
| SUMMARY | 3 |
| INLEDNING | 4 |
| Syfte | 4 |
| Avgränsningar | 5 |
| BAKGRUND | 5 |
| Lagar och föreskrifter | 5 |
| <i>Lag och förordning om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk</i> | 5 |
| <i>Boverkets bygg- och konstruktionsregler</i> | 6 |
| <i>Djurskydd</i> | 6 |
| <i>Jordbruksverkets Bygg Råd</i> | 7 |
| <i>LBK:s rekommendationer</i> | 8 |
| Brandstatistik för lantbruket | 8 |
| <i>Skadeomfattning</i> | 8 |
| <i>Brandstiftare i lantbruket</i> | 9 |
| <i>När inträffar bränder?</i> | 10 |
| BRAND | 11 |
| Elden är lös | 11 |
| Brandförlopp | 12 |
| <i>Brandkurvor</i> | 12 |
| <i>Antändningsfasen</i> | 13 |
| <i>Flamfasen</i> | 16 |
| <i>Glöd- och avsvlningsfasen</i> | 17 |
| Brandspridning | 17 |
| <i>Strålning</i> | 18 |
| <i>Värmeledning</i> | 18 |
| <i>Konvektion</i> | 19 |
| BRANDGASER | 19 |
| Sammansättning | 19 |
| Mängd brandgaser | 20 |
| Giftighet | 20 |
| Brandgasrörelse | 21 |
| <i>Tryckförhållanden vid brand</i> | 22 |
| <i>Öppningar</i> | 23 |
| <i>Brandgasventilation</i> | 24 |
| BRANDAVSKILJANDE KONSTRUKTIONER | 25 |
| Brandtekniska egenskaper | 25 |
| <i>Avskiljande och bärande byggnadsdelar</i> | 25 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| Provningsmetoder | 25 |
| <i>Material och ytskikt</i> | 26 |
| <i>Konstruktion</i> | 26 |
| <i>Genomföringar</i> | 27 |
| GENOMFÖRINGAR I LANTBRUKET | 28 |
| Foderrör | 28 |
| Luckor för hönedkast | 29 |
| Rälsgenomgång i branddörr | 29 |
| MÄTNINGAR AV LUFTFLÖDE RUNT I-BALK | 31 |
| Flöde genom hål och spalter | 31 |
| Material och metoder | 33 |
| Resultat | 34 |
| Slutsatser | 34 |
| <i>Bestämning av kontraktionskoefficienten, C_d^*</i> | 35 |
| FÖRSLAG PÅ FÖRBÄTTRADE LÖSNINGAR | 36 |
| Funktionskrav | 36 |
| Reverserat fläktsystem | 37 |
| Foderrör | 38 |
| Luckor i bjälklaget | 39 |
| <i>Trälucka</i> | 39 |
| <i>Skullgluggslucka</i> | 42 |
| Foderräls | 43 |
| <i>Ursparning eller håltagning för I-balk</i> | 43 |
| <i>Dörmanschett</i> | 46 |
| <i>Vikbar räls</i> | 47 |
| <i>Brandfallucka</i> | 49 |
| Aktivt brandskydd | 51 |
| DISKUSSION | 51 |
| TACK | 57 |
| LITTERATURFÖRTECKNING | 58 |
| BILAGOR | 71 |
| Bilaga 1 Brandmanschetterna Pipeseal och Fir-A-Belt | 71 |
| Bilaga 2 Brandmanschetten Intumex RS 10 | 71 |
| Bilaga 3 Brandtättningslisterna Fir-A-Flex och Intuflex 957 | 71 |
| Bilaga 4 Brandtättningslistan Intumex L | 71 |
| Bilaga 5 Utskrift från en simulering med datorprogrammet PFS | 71 |

SAMMANFATTNING

En brand startar som regel i utrymmen med hög brandbelastning exempelvis loge, skulle eller foderberedningsrum. Tiden från antändning till övertändning tar ca 10 minuter. Det är den tid lantbrukaren har på sig att rädda djuren. Djuren skyddas mot brand genom att stallet utformas som en brandcell. De brandavskiljande konstruktionerna ska vara täta mot brand och brandgaser i minst 60 minuter. Trafiken av människor, foder, djur och tillförsel av luft m.m. kräver öppningar och diverse genomföringar. De ska uppfylla samma krav på täthet, dvs ca 60 minuter.

Med uppdrag från Lantbrukets Brandskyddskommitté och Länsförsäkringar AB utfördes detta examensarbetet med syfte att studera behov av och funktionskrav på genomföringar och redovisa förslag på möjliga lösningar. Arbetet är begränsat till främst tre genomföringar: foderrör, höluckor och rälsgenomgångar.

Förståelse av brand, dess förlopp och verkningar samt lagar, regler och föreskrifter innefattas i en litteraturstudie. Inga tidigare studier har genomförts för att verifiera antagandet att rälsgenomföringar är en stor brandgasspridare. Med en försöksuppställning studerades flödet runt en I-balk. Diskussioner med brandexperter samt studiebesök, visar att bristande kunskap råder om hur stort bidrag genomföringarna har för brandgasspridningen. Det ekonomiska utrymmet och motivationen för att förbättra brandskyddet är idag litet.

- Flödesmätningar visade att jämfört med en springa i en branddörr är flödet förbi I-balken i en rälsgenomföring litet då springan har samma bredd. Balken styr luftflödet i rälsgenomföringen så att det blir ungefär dubbelt så stort som genom en längsgående springa med samma längd som balkens omkrets.
- Öppningar som dörrar, portar och luckor ska vara stängda när de inte används. För den som behöver finns aktivt brandskydd att tillgå, i form av bl.a. magnetkontakter och brandlarm. Branddörrars täthet måste noga undersökas och åtgärdas om brister påträffas.
- Foderrör förväntas inte bidra till brandgasspridningen om de är väl monterade, utan några brott på röret. Montage av rörmanschetter ger en god säkerhet om ett rör skulle gå av.
- Vikbar räls är att föredra vid ny- och ombyggnad. För redan befintliga ursparningar och hål finns olika sätt att förbättra tätheten: brandfallluckor, uppbyggnad av dörmanschetter eller enklare lösningar med monterade tätningslister på insidan av dörrbladen.
- Fortsatt informationsarbete krävs för att ändra attityder och öka förståelsen av ett fullgott brandskydd med dess genomföringar. Ökat samarbete mellan olika brandexperter, myndigheter, brandkonsultföretag och byggrådgivare borde förbättras och fortsatt forskning kring brandgasspridning i lantbruket behövs.

SUMMARY

Fire in farm buildings often starts in rooms with a high fire load density, for example barns, haylofts or food preparation rooms. It takes about 10 minutes between ignition and flash over. That is all the time the farmer has got to save the animals. To protect the animals against fire, the stable is made like a fire compartment. The separating elements ought to be sealed against fire and smoke, for at least 60 minutes. Movements of people, feed, animals, air etc. require openings and various penetrations. They have to fulfil the same demands of tightness, about 60 minutes.

The Agricultural Fire Protection Committee (Lantbrukets Brandskyddskommitté) and The Swedish Insurance company Länsförsäkringar initiated a project to find practical solutions of penetrations through separating elements in agricultural environments. The project concentrates on the three penetrations: feed pipes, hay openings and rail passages.

A literature study deals with the understanding of fire and its development together with laws, rules and regulations. No previous studies have been made to verify the assumption that rail passages contributes to a huge spread of combustion gas. The airflow around an I-beam was studied through experiments. Discussions with fire experts and field studies show the lack of awareness about the contribution of the combustion gas to the spread of fire. The economical climate and motivation today for improving fire protection are poor.

- Flow measurements showed that the air flow through a longitudinal opening in a partly open door is lower than that past an I-beam in a recess when the opening widths are the same. However the beam guides the air flow through the recess resulting in an airflow twice as high as that through a longitudinal opening of the same length as the circumference of the I-beam.
- Openings such as doors, main entrances, shutters should be closed when they are not used. If required magnet contacts and fire alarms are available to facilitate the closing of passages. The tightness of fire doors has to be carefully examined.
- Well-constructed feed pipes, without any fractures, reduce the contribution to spread of combustion gas. The installation of casing around the feed pipes is good security if the pipe should break.
- Folding rails are preferable in new and existing buildings. There are different ways to increase air tightness for existing recesses e.g., fire traps, the construction of door shutters or simply by sealing the insides of door frames.
- The continued decimation of information is required to change attitudes and increase the understanding of adequate fire protection and it's implementation. There should be greater co-operation between fire experts, authorities, fire consulting companies and building advisers. Continued research about the spread of combustion gas is needed.

INLEDNING

Ekonomibyggnader inrymmer stora mängder lättantändligt material i loge, på skulle eller i foderberedningsrum. Där startar de flesta bränder och det är av största vikt att spridningen av brand och brandgaser till djurstallet fördröjs. Under de senaste årtiondena har kunskapen om brandförebyggande åtgärder i lantbruket ökat i stor omfattning. Brandförloppet i lantbruket har studerats i flera fullskaleförsök, vilket bl.a. har lett fram till förbättrade brandavskiljande konstruktioner. Forskning rörande det byggnadstekniska brandskyddet har sedan de sista fullskaleförsöken i början på nittiotalet fått stå tillbaka för utveckling av brandskyddet för utrustning och tekniska anordningar.

Vid en kartläggning av bl.a. brandskyddet hos förprövade stallar i Jönköping konstaterades att endast ca 11 % av gårdarna hade brandcellsavskiljande konstruktioner med ett brandskydd motsvarande EI 60 (tidigare B60). Vanliga fel var genomföringar som rälsgenomgångar i portar och höluckor (Andersson & Hällstorp, 1997). Experter anser emellertid att genomföringar i brandavskiljande konstruktioner är förbisedda delar, med otillfredsställande täthet mot brand och brandgaser. Lantbrukets Brandskyddskommitté, LBK, har därför sett ett behov av att en marknadsinventering görs av lösningar, såväl nya som redan befintliga, inom olika branscher för att hitta lösningar som går att tillämpa i lantbruket. Brandgasers rörelser i byggnader och genom byggnadsdelar är en forskning på framfart. Förbättrade kunskaper om brandspridningsförlopp och beräkningsteorier förväntas förbättra brandgasproblematiken.

Syfte

Syftet med examensarbetet var att studera behov av och funktionskrav på genomföringar i brandavskiljande byggnadsdelar samt finna praktiska lösningar som förhindrar spridning av brand och brandgaser genom dessa genomföringar. Arbetet skulle bl.a. fungera som en "startmotor" för att initiera förbättringar av genomföringar i lantbruket.

Målet med arbetet var att i första hand ge svar på följande frågeställningar:

- Vilka typer av genomföringar har störst inverkan på brandsäkerheten?
- Vilka metoder för brandtätningar finns för att förhindra brand- och brandgasspridning genom brandavskiljande konstruktioner i lantbruket?
- Vilka produkter finns på marknaden i Sverige. Krävs modifiering av produkterna för att anpassa dessa till lantbruket?
- Vilka krav ställer miljön i lantbruket på produkter och metoder?
- Vilka problem finns med produkterna och metoderna?

Avgränsningar

Genom litteraturstudier och studiebesök kompletterade med laboratoriemätningar studeras byggnadstekniska lösningar, vilka ska vara ekonomiskt försvarbara. Studien omfattar utrymmen i angränsning till djurstallar. Några fullskaleförsök genomförs inte.

BAKGRUND

Brandskyddskrav hör till de äldsta byggbestämmelserna. De har tillkommit för att minska risken för brand och dess spridning, genom att ställa krav på avstånd mellan byggnader, brandmurar mellan sammanbyggda byggnader och bärande väggar av obrännbart material (Hultqvist m.fl., 1979).

Lagar och föreskrifter

Den övergripande lagen som reglerar allt byggande i Sverige är Plan och bygglagen, PBL (SFS, 1987a). Lagen styr planläggning när det gäller mark, vatten och byggande. Till lagen finns särskilda bestämmelser om tekniska egenskapskrav på byggnader (SFS, 1994a; SFS, 1994b). Boverkets byggregler, BBR 94 (Boverket, 1994a) samt Boverkets konstruktionsregler, BKR 94 (Boverket, 1994b).

När det gäller brand står det i PBL:s 3 kap 3 § att byggnader ska uppfylla de krav som anges i 2 § lagen om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk m.m., BVL (SFS, 1994a).

Lag och förordning om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk

Lagen om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk m.m., BVL (SFS, 1994a) tillsammans med tillhörande förordning, BVF (SFS, 1994b) anger att byggnadsverk och byggprodukter ska uppfylla vissa tekniska egenskapskrav.

Beträffande brandskydd säger BVL bl.a., för att en byggprodukt ska få ingå i en brandavskiljande konstruktion måste den ha sådana egenskaper att den rätt projekterat och uppfört kan uppfylla kraven i 2 § första stycket och 4 § i BVL. I BVL, 2 §, står det bland annat att byggnadsverk som uppförs eller ändras skall, under förutsättning av normalt underhåll, under ekonomisk rimlig livslängd uppfylla väsentliga tekniska egenskaper i fråga om:

- Bärförmåga, stadga och beständighet.
- Säkerhet i händelse av brand.
- Skydd med hänsyn till hygien, hälsa och miljö.
- Säkerhet vid användning.
- Vara lämplig för avsett ändamål.

I BVF, 4 §, berörs hur byggnadsverk ska vara projekterade och utförda. Följande krav och förutsättningar gäller:

- Att byggnadsverkets bärförmåga vid brand kan antas bestå under en bestämd tid.
- Att utveckling och spridning av brand och rök inom byggnadsverket begränsas.
- Att spridning av brand till närliggande byggnadsverk begränsas.
- Att personer som befinner sig i byggnadsverket vid brand kan lämna det eller räddas på annat sätt.

Typgodkännande och tillverkningskontroll styrs i BVL och BVF. BVL, 19 §, anger att typgodkända och tillverkningskontrollerade material, konstruktioner och anordningar skall förutsättas uppfylla kraven enligt BVL, 2 §, i de avseende som godkännandet eller kontrollen gäller. I BVF, 39 § och 40 §, anges att beslut om typgodkännande skall göras tidsbegränsat och att mer ingående föreskrifter får meddelas av Swedish Institute for Technical Approval in Construction (Svenskt Bygggodkännande AB), SITAC.

Boverkets bygg- och konstruktionsregler

Huvudkraven i BBR 94 knyter an till vad som står i BVF, 4 §. Mer specificerat står att byggnader, där en brand eller en explosion kan beräknas få stor intensitet eller omfattning till följd av byggnadens placering eller innehåll, skall utformas så att risken för skada i omgivningen genom strålningsvärme, rök, giftiga eller förorenade produkter, explosionstryck o.d. begränsas. Om byggnader utformas med brandskyddstekniska installationer utöver vad som följer BBR:s huvudkrav, får avsteg göras från andra brandskydds krav i föreskrifterna, om det alternativa utförandet ändå innebär att byggnadens totala brandskydd inte blir sämre än om samtliga aktuella krav uppfylls. Vidare anges att byggnadsdelar ska vara täta mot genomsläpp av flammor och gaser samt vara tillräckligt värmeisolerade så att temperaturen på den av brand opåverkad sidan inte medför risk för brandspridning. För att upprätthålla sin avskiljande funktion brandklassas konstruktionen, se vidare under rubriken provningsmetoder.

Djurskydd

Förutom PBL, dess föreskrifter och allmänna råd måste lagar gällande djur, så som djurskyddslagen, djurskyddsförordningen och jordbruksverkets föreskrifter om djurhållning inom lantbruket följas.

I djurskyddsförordningens (SFS, 1988b) 5 § står att stall måste godkännas från djurskydds- och djurhälsosynpunkt innan de får uppföras, byggas om eller till. Denna förordning gäller även när ett stall eller en anläggning ändras på ett sätt som är av väsentlig betydelse från djurskydds- eller djurhälsosynpunkt eller när en byggnad som tidigare använts för annat ändamål görs om till stall. Lantbruksstyrelsens föreskrifter (Lantbruksstyrelsen, 1990) anger att undantag från förprovning får ske om antalet djur i stallet underskrider 10. Med ett djur avses i detta sammanhang en häst, ett vuxet nötkreatur, två ungnöt, ett vuxet svin, fem slaktsvin, två vuxna får, två vuxna getter eller 50 fjäderfä. Förprovade stall skall utformas så att det finns godtagbara förutsättningar att rädda djur vid brand (Jordbruksverket, 1993).

Jordbruksverkets Bygg Råd

Jordbruksverkets Bygg Råd, JBR (Jordbruksverket, 1995) är en handbok som ger anvisningar om lagar, föreskrifter, övriga regler och råd som skall beaktas vid projektering och byggande av ekonomibyggnader i lantbruket. Sålunda fungerar JBR som ett komplement till PBL, BBR 94 och BKR 94.

Enligt JBR skall ekonomibyggnader utformas så att uppkomst av brand förebyggs, att spridning av brand och brandgaser inom byggnaden begränsas, att personer och djur kan utrymmas eller på något sätt räddas samt att räddningspersonalens säkerhet beaktas. Djurstall skall utformas som egen brandcell och genombrott av de brandavskiljande konstruktionerna skall utföras så att brandgaser inte sprids till annan brandcell på kortare tid än vad JBR föreskriver, dvs djurstall skall skyddas mot brand och brandgaser under 60 minuter.

Om skydd mot brandspridning mellan brandceller anges i JBR att genombrott av brandavskiljande byggnadsdel med transportanordning, rörledning och liknande skall anordnas så att brand och brandgaser inte sprids till annan brandcell på kortare tid än vad som anges för den genombrutna byggnadsdelen, dvs ha samma byggnadstekniska klass som den brandavskiljande byggnadsdelen.

Stallavdelningar med separata ventilations- och utgödslingssystem bör skyddas mot brand och brandgaser i ca 60 minuter i händelse av brand i en av avdelningarna. Dörr i brandavskiljande vägg skall motstå brand i ca 60 minuter, sluta tätt och vid brand hindra rökspridning. Fodernedtag eller liknande öppning i brandavskiljande bjälklag över djurstall skall förses med lucka som motstår brand uppifrån i ca 60 minuter. Luckan skall sluta tätt och vid brand hindra rökspridning.

Brandcell är enligt Tekniska Nomenklaturcentralen (TNC, 1988) "ett utrymme i en byggnad avskilt på sådant sätt att en brand kan hindras sprida sig till annat utrymme i byggnaden under viss tid, bestämd med hänsyn till byggnadens ändamål och höjd".

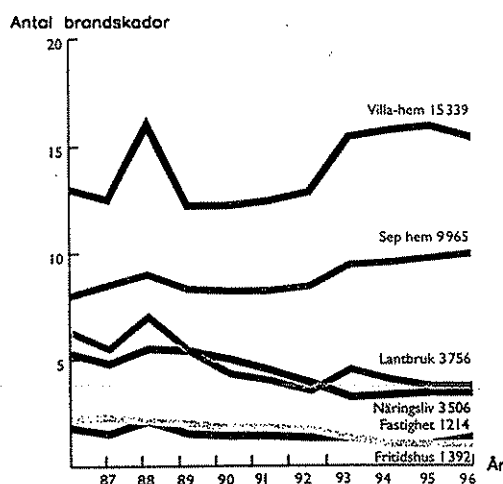
LBK:s rekommendationer

Lantbrukets Brandskyddskommitté, LBK, har tagit fram rekommendationer (SBF, 1995) som ska underlätta vid projektering av ekonomibyggnader. I kapitel tre anges att genombrott av brandavskiljande väggar och bjälklag med transportanordning, ventilationskanal, rörledning, elkabel eller dylikt utförs, så att brand inte kan spridas till annan brandcell på kortare tid än 60 minuter. Något utförligt tillvägagångssätt anges inte. Det är upp till projektören att konstruktionsmässigt uppfylla gällande lagar, regler och rekommendationer. Det finns inga standardlösningar att tillgå. (SBF, 1995)

Brandstatistik för lantbruket

Skadeomfattning

Enligt LBK (SBF, 1995) drabbas varje lantbruk av brandskada, minst en gång vart 20:e år. Årligen redovisar Svenska Brandförsvarsföreningen, SBF, brandstatistik fördelat på sex olika branscher. Villa-hem, sep hem, näringsliv, fastighet, fritidshus och lantbruk, se figur 1.



Figur 1. Totala antalet försäkringsanmälda brandskador fördelade på bransch 1987-1996 (SBF, 1997).

SBF:s statistik för 1996 visar att brandskadorna för lantbruket fortfarande är stora. Brandskadekostnaderna låg totalt på drygt 200 Mkr. Sett över den senaste tioårsperioden kan det konstateras att det är den hittills lägst noterade siffran. Antalet brandskador i lantbruket under 1996 var knappt 4000 stycken. Det är en minskning jämfört med tidigare år (SBF, 1997). Under 1997 kommer antalet skador åter öka, ca 7000 st på grund av kraftiga åskoväder med många överspänningsskador som följd. Beräknad kostnad för totala antalet bränder förväntas bli över 250 Mkr (Kallstenius, 1997).

Storskadorna utgör ca 1 % av totala antalet brandskador men svarar för ca 50 % av brandskadekostnaderna (SBF, 1997).

Orsaken till de minskade kostnaderna och antalet bränder under 1996 var att storskadorna, skador överstigande 1 Mkr, var få. Från och med 1997 gäller ny skadegräns för storskadorna, 1,5 Mkr. Trots 1997 års bakslag betraktas trenden som positiv och relativt stabil enligt Kallstenius (1997).

Den minskande trenden av antalet skador beror enligt Johansson (1997a) på ett flertal olika faktorer bl.a. att branschen och försäkringsbolagen ha satt in konkreta åtgärder, som besiktning och ökad upplysning till allmänheten och företagen.

Brandstiftare i lantbruket

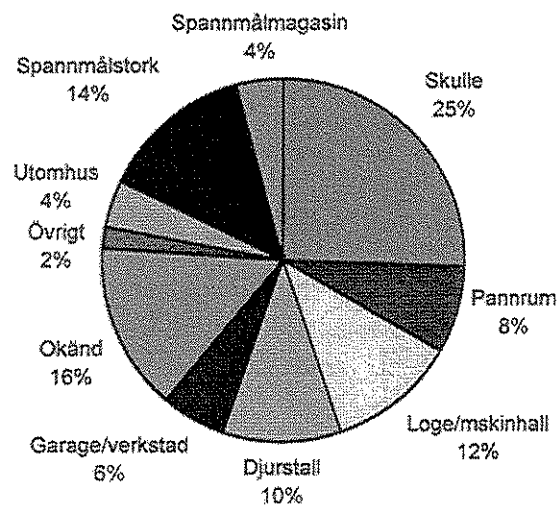
För att kunna sätta in rätt form av brandförebyggande åtgärder är det viktigt att veta vad som orsakar en brand och när den uppstår. Johansson (1997a) kom bl.a. fram till att:

- Var fjärde brand orsakas av el, trots att brandorsakerna "elfel" och "anlagd brand" anses vara osäkra uppgifter.
- Omkring en femtedel av bränderna börjar i anslutning till spannmålshantering och spannmålstorkning.
- Sannolikheten att en brand börjar på skullen är drygt en fjärdedel.
- Djurgårdar drabbas sannolikt av brand i större utsträckning än gårdar utan djurhållning.
- På grund av högre mekaniseringsgrad är heltidslantbrukare mer olycksdrabbade än deltidslantbrukare.

Sørby (1984) anser att byggnader innehållande djur inte utgör en större risk att drabbas av brand än de utan djur. Förklaringen till motsatsen beskriver Johansson (1997a) som "hemmablindheten" och att djurhållande lantbrukare prioriterar omvårdnaden om djuren före underhållet av den tekniska utrustningen.

Äldre byggnader och stall med grovfoderlager drabbas oftare av brand än nyare byggnader och stall utan grovfoderlager (Sørby, 1984; Johansson 1997a). De flesta bränder börjar på skullen följt av spannmålstorkar, loge/maskinhall och djurstall, se figur 2 (Johansson, 1997a).

De flesta elfelen beror på brister hos elkablar och belysning. Johansson (1997a) konstaterade att dessa fel står för ungefär hälften av skadorna med den angivna brandorsakaren "elfel". För drygt en fjärdedel av brandtillbudet har brandstiftare konstaterades som okänd (SBF, 1997).

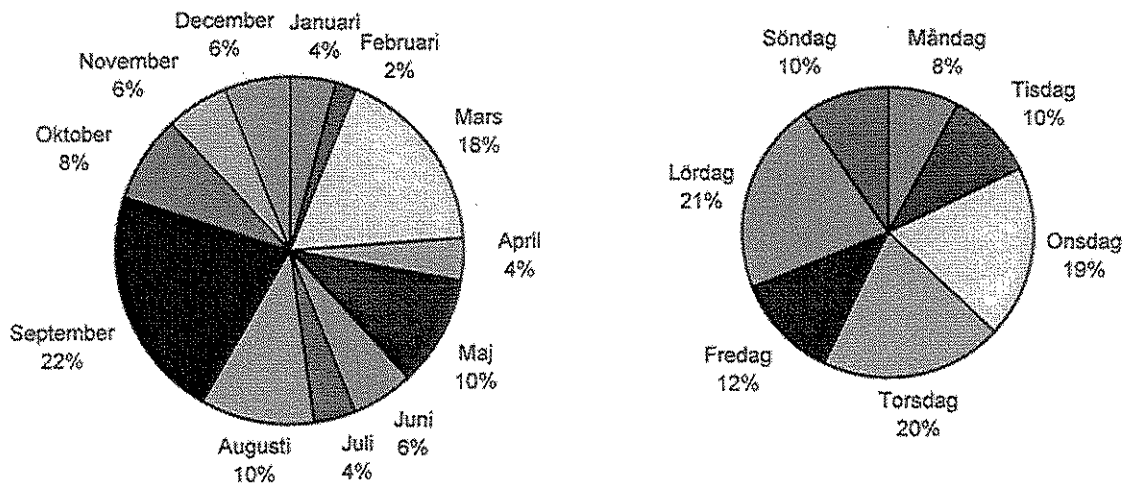


Figur 2. Utrymme där bränder sannolikt börjar (Efter Johansson, 1997a).

Statistik över vilka genomföringar som har störst orsak till brand- och brandgasspridning i brandavskiljande byggnadsdelar saknas. Det är erfarenheter som talar för att bättre utförda genomföringar borde kunna rädda livet på fler djur och minska de skador branden orsakar. Djur dör oftast inte av själva branden utan förgiftas till döds av brandgaserna (Ventorp, 1985).

När inträffar bränder?

Sannolikheten för att ett brandtillbud skall uppstå hänger samman med dag, vecka, månad och år. Johansson (1997a) fann att bränder inträffar relativt jämnt över dygnet medan fördelningen mellan veckodagar och år är mer ojäm, se figur 3. Största sannolikhet är att bränder ska inträffa onsdagar, torsdagar och lördagar. Dessa branddrabbade dagar går delvis att relatera till aktiviteten på gården. Lördagar är den dag då många fritids- och deltidslantbrukare arbetar på gården. Någon direkt förklaringen till onsdagar och torsdagar fann inte Johansson (1997a).



Figur 3. Brändernas fördelning över året respektive veckan (Efter Johansson, 1997a).

Även brändernas fördelning över året går att härleda till gårdens aktivitet. Flest bränder inträffar under mars och september. Aktiviteten är stor under augusti och september med skörd, torkning och spannmålshantering. Efter vinteruppehållet är det dags för rengöring av spannmålsfickor och underhåll av maskiner inför verksamheten under våren och sommaren, vilket kan vara förklaringen till att mars är en drabbad månad (Johansson, 1997a).

BRAND

Elden är lös

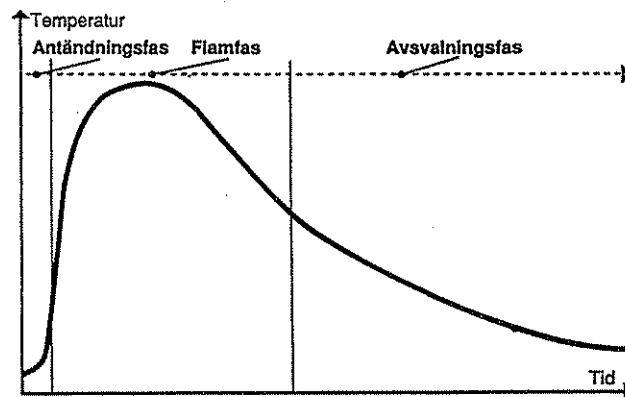
”Med brand förstås eld, som är kommen lös”. Detta står att läsa i lagen om försäkringsavtal 79 § (SFS, 1927). Det betyder att brand är eld som har lämnat eldstaden och antänder omgivningen (Brandsjö, 1986). Eld är en förbränningsprocess med tre samverkande faktorer: syre, värme och brännbart material. Saknas någon av dessa faktorer uteblir förbränningen, dvs ingen eld (Hultqvist & Persson, 1979; Andersson, 1993).

Det finns emellertid många olika definitioner av brand. Gemensamt handlar det om en okontrollerbar process. Kunskap om förbränningsprocessen, brandförloppet, rådande luftförelser som ventilation och drag, värmetransport i form av ledning, strålning och konvektion samt värmekapacitet är väsentliga för att kunna konstruera fungerande brandavskiljande konstruktioner (Brandsjö, 1986; Andersson, 1993).

Brandförlopp

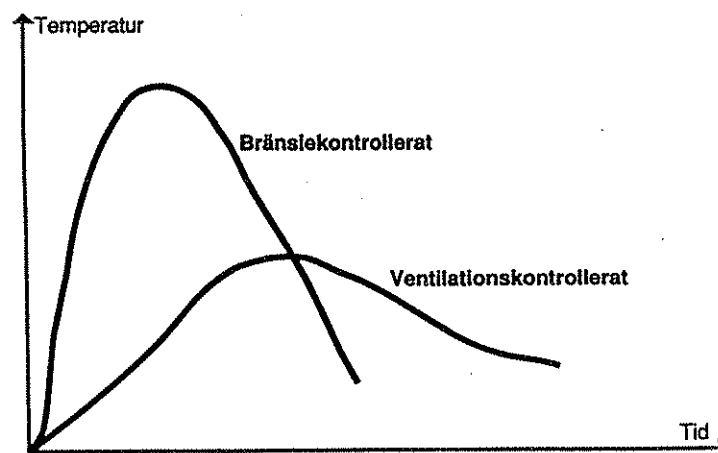
Brandkurvor

Varje brand är unik. Trots variation följer emellertid en brand ett normalförlopp som åskådliggörs med en brandkurva, se figur 4. Kurvan delas normalt in i fyra olika faser: antändnings-, flam-, glöd- och avsvalningsfasen, figur 4 (Andersson, 1993).



Figur 4. Det normala förloppet för en brand (Andersson, 1993).

Förloppet för en fullt utvecklad brand kommer att vara beroende av huruvida den är ventilations- eller bränslekontrollerad. Det är förhållandet mellan mängden syre, värme och brännbart material som avgör vilket förlopp som blir dominerande, se figur 5 (Andersson, 1993).



Figur 5. Brandförlopp hos en bränsle- respektive ventilationskontrollerad brand (Andersson, 1993).

En bränslekontrollerad brand har obegränsad syretillgång, vilket gör att mängden brännbart material styr brandförloppet.

Branden är kort och intensiv med mycket höga temperaturer. Denna typ av brand uppstår i lokaler med stora öppningar mot det fria eller vid brand utomhus (Andersson, 1993).

I lokaler med få och trånga öppningar dominerar ventilationskontrollerad brand. Syret styr förloppet, vilket är mer utdraget i tiden och med lägre brandtemperaturer (Andersson, 1993).

Enligt Ventorp (1985) utgör lantbrukets produktionsbyggnader en inhomogen grupp sett ur brandtekniskt perspektiv. Orsaken är stor variation av byggnadernas storlek och utformning samt antalet olika byggnadstyper med varierande verksamhet och innehåll som finns på en gård. På åttiotalet utförde Sveriges Lantbruksuniversitet i Lund flera fullskaleförsök. Det kunde konstateras att temperaturförloppet vid brand i lantbruksbyggnader inte stämmer överens med den ventilationskontrollerade branden i figur 4. Otätheter som öppningar och luckor ger obegränsad syretillgång (Gustafsson, 1991). För lantbrukets produktionsbyggnader gäller därför att branden är bränslekontrollerad, se figur 5 och 7.

Brandförloppet och mängden brandgaser för en brand i en brandcell påverkas enligt Ventorp (1985) av:

- Mängden brännbart material tillgängligt i brandcellen, brandbelastning och materialens brandtekniska egenskaper.
- Brandcellens storlek och geometri.
- Mängden öppningar, fönster, dörrar och ventilationsdon m.m. Dessa påverkar syretillgången och brandgasspridningen.
- De termiska egenskaperna hos golv, väggar och tak.

Brandbelastning är kvoten mellan den vid förbränningsprocessen frigjorda värmemängden och brandcellens omslutande area, uttryckt i MJ/m² (TNC, 1988). Brandbelastning är ett mått på mängden brännbart material.

Antändningsfasen

Tiden från antändning till övertändning i ett begränsat utrymme kan enligt Ondrus (1996) delas in i sex stadier, vilka beskrivs nedan. Relaterat till lantbruket, varierar de olika stadierna tidsmässigt från brand till brand. De nedan angivna siffrorna baseras på fullskaleförsök utförda av Ventorp (1985), Gustafsson (1990) och Garmer (1988) vid Sveriges Lantbruksuniversitet och av Sørby (1984) vid Norges lantbrukshögskola.

Stadiet före antändning

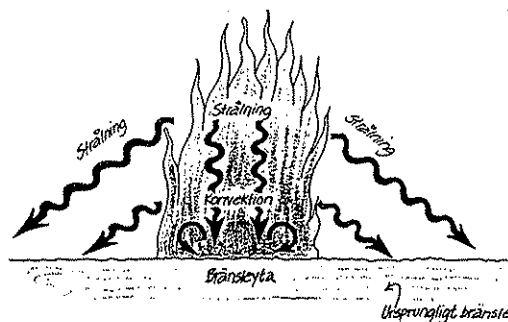
Branden börjar som regel utanför djurstallet, ofta i foderberednings- och lagringsutrymmen så som loge, lada eller skulle. Bränslet utgörs vanligen av trä, hö, halm eller strö.

Brandbelastningen är hög vilket bidrar till ett intensivt brandförlopp. Lagringsform och fukthalt hos bränslet påverkar temperaturstegringen. Torrt, löst lagrat stråfoder och halm brinner mycket snabbt till skillnad från en kompakt och fuktig lagring (Jansson, 1989).

Det brännbara materialets yta påverkas till en början av värme utan att antändas. När temperaturen stiger avges brännbara och obrännbara gaser. De brännbara gaserna uppnår sin antändningstemperatur och antänds. Tiden det tar för bränslet att antändas beror av dess densitet, värmekapacitet och värmekonduktivitet (Andersson, 1993). Dessa faktorer kan sammanfattas som bränslets termiska tröghet och är orsaken till varför fuktigt material antänds senare än torrt. Fukt binder stora värmemängder och bidrar till att senarelägga tidpunkten för avgivningen av brännbara gaser. Gaser är särskilt lättantändliga på grund av friare molekyler som lättare får kontakt med syremolekyler och därmed startar förbränningsprocessen (Hultqvist & Persson, 1979).

Antändningsstadiet

Under detta stadie påbörjas en självunderhållande förbränningsprocess. För att bli självunderhållande behövs ytterligare värmeenergi och erhålls i form av värmeöverföring från flammen och återstrålning tillbaka till bränslekällan, från uppvärmda ytor och varma förbränningsprodukter. Värmeenergi i form av strålning och konvektion som återförs till bränsleytan bidrar till att ytterligare brandgaser frigörs från den ursprungliga bränsleytan, se figur 6 (Ondrus, 1996). Av brandtillväxten syns centimeterhöga flammor. Stadiet äger rum sekunder efter antändning.



Figur 6. Värmeåterföring till bränsleytan (Efter Ondrus, 1996).

Strålningsstadiet

Efter antändningen sker en långsam temperaturökning. Värme går åt för att förånga den fukt som finns i byggnadsdelar och inredning (Hamrin, 1994). De antända gaserna avger värmestrålning som i sin tur höjer temperaturen och frigör nya brännbara gaser. De antänds och elden sprider sig, dvs brand. Hur detta teoretiskt fungerar är svårt att beskriva. Erfarenheter anger att spridning regleras av fyra parametrar: orientering av ytan, materialets termiska tröghet, tjocklek och Rate of Heat Release, RHR. Den sista parametern anger hur stor effekt som frigörs per ytenhet för ett visst material (Andersson, 1993).

Förbränningen intensifieras och flammornas längd är ca 25 cm. Det är tillräckligt för att den dominerande värmeåterföringen till bränsleytan ska ske genom strålning. Förloppet har nu pågått i ca 10 sekunder.

Avgränsande stadiet

Fortsatt intensifiering av förbränningen sker med snabbt stigande avgiven värmeeffekt. Mycket värme utvecklas på kort tid. Flammorna är ca 1 m höga. Efter hand bidrar rummets begränsningar till att ett brandgaslager bildas vid taket. Gaslagret och andra uppvärmda ytor återstrålar stor mängd värme tillbaka till bränsleytan. När branden har nått så här långt har det gått ca 15-30 sekunder. Om rök- eller värmedetektorer monteras in i byggnaden kommer dessa att utlösa brandlarm och medvetandegöra lantbrukaren om brand. (Gustafsson, 1990).

Undertaksstadiet

Flammorna har nu nått taket, som i sin tur värms upp. Från flammor och brandgaslagret återstrålas tillräckligt med värme för att antända föremål på avstånd från den ursprungliga brandkällan. Tiden varierar mellan 1,5 och 4 minuter. Temperaturen i brandrummet, vid taknock, uppmäts till 400-900 °C. Alla föremål i rummet påverkas av värmen och börjar förgasas (Ventorp, 1985).

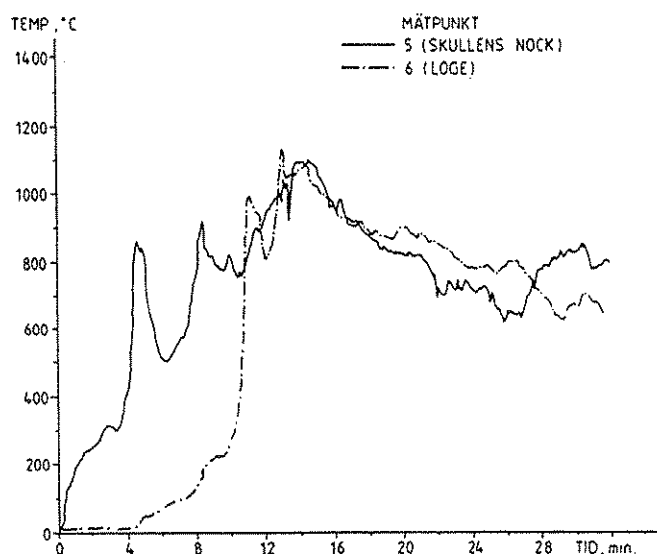
Övertändning

Från att ursprungligen ha varit en lokal brandhärd sprider sig nu branden till att omfatta hela rummet. Allt brännbart material deltar i branden och temperaturen stiger snabbt. Värmestrålningen gör att ytor och andra antändliga material i rummet antänds (Andersson, 1993). Det brinnande brandgaslagrets strålningsvärme är tillräcklig för att antända även ett trägol. Hela rummet fylls med lågor.

Resultatet blir en enorm ökning av strålningsenergin inuti rummet och brinnande gaser tar sig ut genom öppningar och otätheter. Rummet benämns nu som övertänt. En övertänd ekonomibyggnad innebär att det brinner okontrollerat och att den inte går att rädda. Övertändning är vanligt i utrymmen med bränslekontrollerad brand där det finns en mycket koncentrerad mängd brännbart material.

En brand leder till övertändning om den under sin tillväxt har tillräckligt med bränsle och obegränsad syretillgång, dvs många öppningar i omslutande klimatskal. Tiden från undertaksstadiet till övertändning går på några sekunder och förloppet styrs av syretillförseln. Ett rum med många öppna öppningar uppnår övertändning på kortare tid än vid stängda öppningar (Ondrus, 1996). Ytterväggarna i loge, lada och skulle består ofta av träpanel och bidrar till ett snabbt genombrott av väggarna, ca 10 minuter. Stora öppningar bildas och branden kan därefter i stort liknas med brand i det fria. Detsamma gäller för utrymmena med väggar av aluminiumplåt (Ventorp, 1985).

Tiden från antändning till övertändning har Ventorp (1985) konstaterat ligger kring 5-8 minuter för stall med skulle, se figur 7. Brandtekniska egenskaper hos omslutande konstruktioner ska uppfylla funktionen att förlänga antändningsfasen. Lämpligt är bl.a. att välja obrännbara material med hög antändningstemperatur (Andersson, 1993).



Figur 7. Gastemperatur-tidsambandet för brand vid gavel på skulle och mitt i loge (Ventorp, 1985).

Flamfasen

När brandrummet är övertänt övergår branden i flamfasen. Nu står inget annat till buds än att begränsa brandens verkningar. Räddningskårens uppgift blir att förhindra brandhårdens spridning till andra delar av byggnaden och/eller till andra byggnader. Det är här som brandavskiljande konstruktioner har en viktig funktion att fylla.

Tiden innan branden passerar de brandavskiljande konstruktionerna används för att försöka släcka och begränsa branden, rädda djur, människor och egendom (Andersson, 1993).

Under flamfasen erhåller brandhärden sin maximala temperatur. Den beror av en rad faktorer som Hultqvist & Persson (1979) valt att dela upp enligt följande:

- Det brinnande materialets avgivna värmeenergi (värmevärde). Högt värmevärde ökar energiavgivningen och temperaturen.
- Brinnhastigheten. Temperaturen blir högre ju snabbare värmeenergin frigörs.
- Lufttillförseln till bränslehärden. Vid stort luftöverskott åtgår värme för att upphetta luften, med följd att brandhärden temperatur sjunker.
- Mängden förbränningsgaser. Vid utveckling av stora mängder förbränningsgaser blir brandhärden temperatur lägre.

Om förbränningsluften når brandhärden med en förhöjd temperatur, kommer brandtemperaturen att höjas i motsvarande grad. I praktiken uppnår brandtemperaturen aldrig det teoretiska maximivärdet på grund av värmeförluster till omgivningen samt att förbränningsprocessen är reversibel. Vid tillräckligt höga temperaturer kan sönderdelning ske med värmeförbrukning som följd. Normalt brukar brandhärden temperaturen hamna mellan 800 och 1000 °C, för ekonomibyggnader drygt 1000 °C, se figur 7 (Hultqvist & Persson, 1979; Andersson, 1993). Branden fortgår tills allt brännbart material förbränts och endast kolrester återstår (Gullfiber, 1994).

Glöd- och avsvalningsfasen

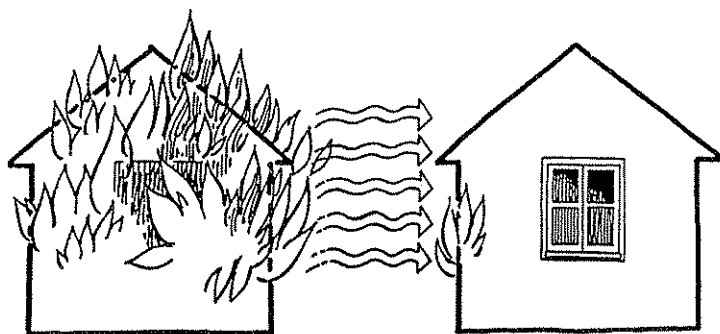
Då bränslet börjar ta slut övergår branden i avsvalningsfasen, där temperaturen mycket sakta sjunker. Denna fas kan ge nya problem. I konstruktioner med stor värmetröghet kan temperaturen fortsätta stiga trots sjunkande brandtemperatur. Det betyder att konstruktioner kan kollapsa flera timmar efter det att avsvalningsfasen inletts. Ett annat problem som måste beaktas är den kvarvarande glöden med dess starka värmestrålning. Följdverkningen kan bli återantändning som på nytt kan få fart på branden: ibland flera timmar efter att den blivit släckt (Gullfiber, 1994).

Brandspridning

I det förebyggande brandförsvaret ingår byggnadstekniskt brandskydd som en viktig del, inriktat på att förhindra brandspridning genom bl.a. värmestrålning, värmeledning och konvektion, dvs strömning av heta brandgaser.

Strålning

Strålning är värmeöverföring mellan ytor med olika temperatur, åtskilda av ett genomskinligt medium, exempelvis luft. Som tidigare nämnts är det värmestrålning som leder till övertändning. Värmestrålning kan verka på långa avstånd. Det är vanligt att brand, på grund av strålning, kan sprida sig till angränsande byggnader, figur 8 och 6figur 6 (Andersson, 1993).

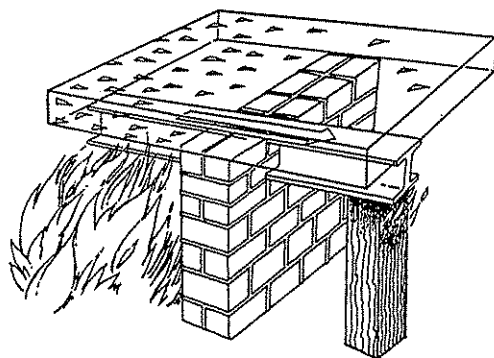


Figur 8. Strålning kan antända närliggande byggnader (Andersson, 1993).

Värmeledning

I och genom brandavskiljande konstruktioner finns ofta material med god värmeledningsförmåga som balkar, stålprofiler och stålrör. Brand kan enkelt överföras från ett rum till ett annat genom dessa värmeledare, se figur 9. De utgör därmed en brandspridningsrisk. Det är via ledning som brand kan sprida sig genom obrännbara väggar och konstruktioner (Hultqvist & Persson, 1979).

Den dammiga miljön i lantbruk gör att bl.a. balkar och rör beläggs med ett lager brännbart material. När antändningspunkten för det brännbara materialet uppnås, börjar det brinna. Med god isolering kan värmeledning undvikas (Gullfiber, 1994). Luft är en mycket dålig värmeledare. Porösa material, innehållande mycket luft, är därmed bra isolatorer. För bästa resultat isoleras ledningar, balkar m.m. på var sida om den brandavskiljande konstruktionen, se figur 18. (Hultqvist & Persson, 1979).

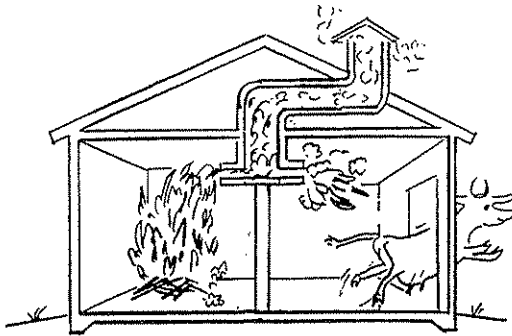


Figur 9. Brandspridning genom värmeledning (Andersson, 1993).

Konvektion

Konvektion innebär att brand kan spridas genom att varma gaser strömmar från ett rum till ett annat, figur 10. Den av branden uppvärmda luften stiger på grund av lägre densitet än omgivande kall luft. Brinnande gaser kan föra med sig varma gaser till andra delar av rummet eller byggnaden. Brandgasernas värmeinnehåll är så stort att ytemperaturen hos brännbart material når över dess antändningspunkt. Tillräcklig syrehalt i mottagarområdet kan få brännbart material att fatta eld. (Hultqvist & Persson, 1979)

Horisontellt sker brandspridning främst via dörröppningar, ventilationskanaler och andra håltagningar (Gullfiber, 1994). Brandspridning genom konvektion kan undvikas genom att använda obrännbara och tändskyddande material samt göra avskiljande konstruktioner brandgastäta (Gustafsson, 1991).



Figur 10. Konvektion kan sprida brand- och brandgaser till olika delar av en byggnad (Efter Andersson, 1993).

BRANDGASER

Sammansättning

Brandgas är rök och annan gas utvecklad vid brand, vanligen delvis oförbränd (TNC, 1988). Rökgas är detsamma som brandgas, enligt Bra Böcker (1990).

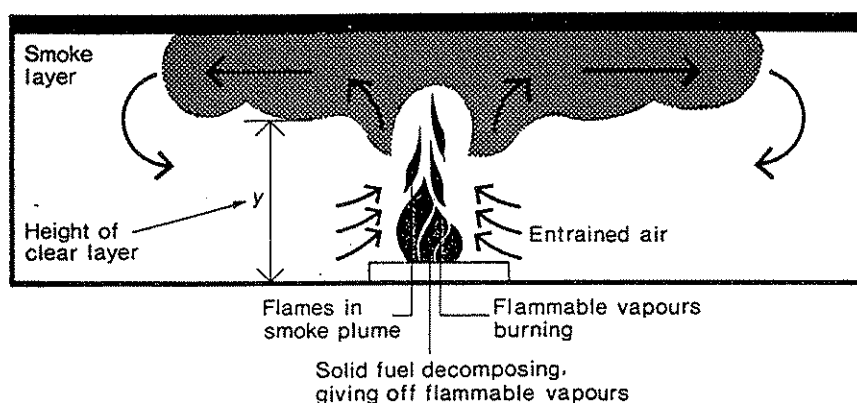
En brandmiljö innehållande brännbart material som trä, strö och foder består till största delen av kol och väte i olika proportioner. Brandgasernas sammansättning består till största delen av kolmonoxid, CO, koldioxid, CO₂ och vatten samt kväve blandat med luft (Hultqvist & Persson, 1979; Backvik m.fl., 1996). Den höga förbränningstemperaturen omvandlar vatten till vattenånga. Ytterligare föreningar som kan förekomma, beroende på vad som brinner, är kväveoxider, svaveldioxid, kolväte, ammoniak, vätgas m.m. (Hultqvist & Persson, 1979). Otillräcklig temperatur och syremängd i och kring brandhärden leder som regel till att fullständig förbränning uteblir.

Brandgaserna kommer därför vanligen innehålla fasta partiklar. Svävande i en gas kallas det för rök eller brandgas (Hultqvist & Persson, 1979).

Förutom typ av bränsle påverkas brandgasernas mängd, täthet och giftighet av brandrummets temperatur, tryck och syretillgång (Hultqvist & Persson, 1979; Ventorp, 1985).

Mängd brandgaser

Mängden och tätheten hos brandgaser påverkas av brandens storlek, typ av material som brinner och med vilken hastighet det brinner även storleken på brandrummet. Generellt gäller att brandgasproduktion är proportionell mot brandhårdens omkrets och den fria höjden ovanför elden, se figur 11, (Butcher & Parnell, 1979). Ju mer tillgänglig luft runt brandhärden desto mer brandgaser utvecklas (Backvik m.fl., 1996).



Figur 11. Brandgasproduktion (Butcher & Parnell, 1979).

Brandförloppets olika faser påverkar produktionen av brandgaser. Det bildade brandgaslagret växer när höjden ovanför elden och syretillförseln till brandhärden minskar. För cellulosamaterial ökar mängden brandgaserna med begränsad syretillförsel på grund av att den ofullständiga förbränningen ökar. För syntetiska material gäller motsatsen. (Hultqvist & Persson, 1979).

Giftighet

Djur kan ha dött av brandgasförgiftning innan själva branden har spridit sig in till djurutrymmet. Via öppningar och otätheter i de brandavskiljande konstruktionerna kan brandgaser lätt passerar in till stallet och där orsaka livshotande förhållanden

(Ventorp, 1985). Fara med brandgaser för människor och djur indelar Ventorp (1985) efter följande riskkomponenter:

- Kvävning på grund av minskad syrehalt.
- Förgiftning av kolmonoxid och andra gaser.
- Rökpartiklarnas påverkan på andningsorganen.
- Heta gasers påverkan på hud och andningsorgan.
- Minskad sikt som försvårar utrymning.

Brandgasernas giftighet och täthet beror främst på typ av material som brinner (Butcher & Parnell, 1979). Fara för liv, vid förbränning av cellulosabaserat material, är främst förknippat med halten av kolmonoxid, CO, hos de heta brandgaserna (Ventorp, 1985). I brandens första skeden finns tillräckligt med syre. När branden växer blir syremängden efter hand otillräcklig. Höga halter av CO bildas i brandgaslagret (Gottuk & Roby, 1995).

De flesta dödsfall vid brand, hos så väl människor som djur orsakas av inandning av CO (Gottuk & Roby, 1995). När brandgaslagret har nått i höjd med huvudet hos djur och människor anses brandgasen extremt farlig. Sannolikheten för livshotande förhållanden antas vara lika för djur och människor (Bengtsson enligt Svennerstedt, 1997).

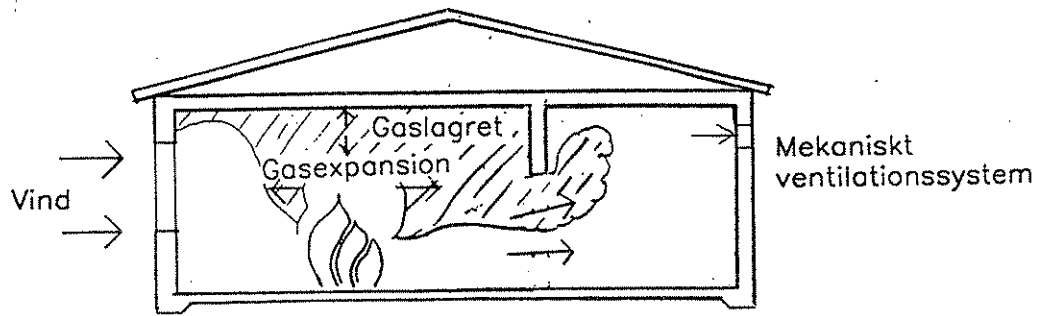
Kolmonoxidkoncentrationer på 4000 ppm (0,4 vol %) är dödande inom mindre än en timme enligt Gottuk & Roby (1995). Blomquist & Ventorp (1981) anger att 3000 ppm är farligt efter en halvtimme och att 10000 ppm är dödlig redan efter en minut.

1000-1500 ppm är för människor besvärande men uthärdliga nivåer (Blomquist & Ventorp, 1981)

Brandgasrörelse

Det är två faktorer som avgör hur brandgaser rör sig i byggnader: gasernas egen rörlighet, orsakad av de varma gasernas lägre densitet och de normala luftrörelserna i rummet vilka kan föra brandgaserna runt i byggnaden utan att ha någonting med själva branden att göra. Vilken av faktorerna som kommer att styra beror på rådande omständigheter och varierar från plats till plats i byggnaden. Generellt förväntas gasernas egen rörlighet vara den dominerande faktorn nära själva brandhärden. Med ökat avstånd från elden blir brandgaserna svalare och den normala luftrörelserna i rummet kommer att dominera (Butcher & Parnell, 1979).

Normala luftrörelser kan i sin tur påverkas av tre faktorer: skortstenseffekten orsakad av tryckskillnader ute och inne, vinden som tar sig in i byggnaden via inbyggda otätheter och det mekaniska ventilationssystemet, se figur 12 (Butcher & Parnell, 1979).

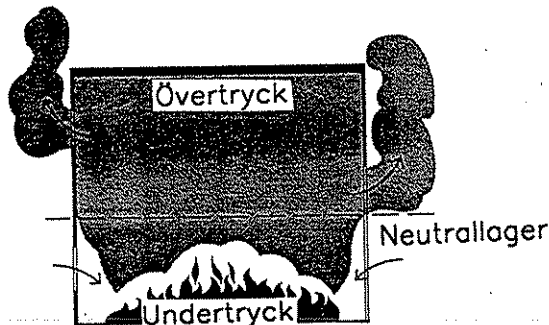


Figur 12. Faktorer som påverkar rörelsen av brandgaser (Efter Butcher & Parnell, 1979).

Tryckförhållanden vid brand

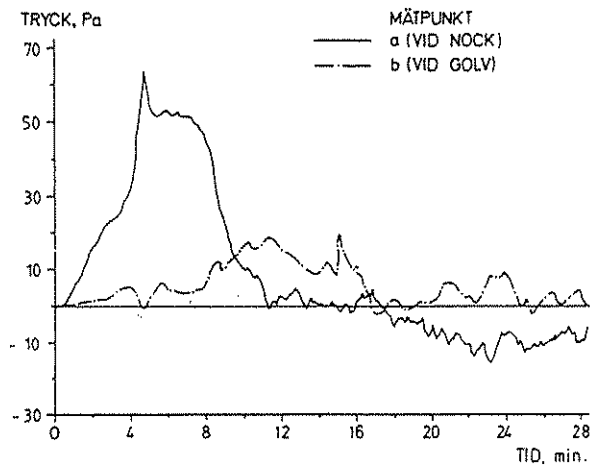
I en byggnad med öppningar blir trycket nära golvet något lägre än atmosfärstrycket och vid innertaket något högre. Läget där trycket mellan dessa båda är noll benämns neutrallager, figur 13. Lagrets höjd över golvet ger en vägledning om brandgasernas rörelse. Höjden beror i huvudsak av brandgastemperaturen och öppningarnas storlek, men även av brandens spridningshastighet (Butcher & Parnell, 1979).

En brand anses livshotande om temperaturen i brandgasskiktet överstiger ca 150 °C eller om gaserna sjunker till ca 2 m över golv, dvs i höjd med huvudet på djur och människor (Bengtsson enligt Svennerstedt, 1997).



Figur 13. Brandgasernas flöde på grund av neutrallagrets läge (Efter Butcher & Parnell, 1979).

När temperaturen i brandrummet stiger byggs ett övertryck upp. Ett övertryck på 15-18 Pa registrerades över bjälklag vid brand på skulde i ett höghusstall, se figur 14. Storleken är ungefär lika stor som vad en mekanisk ventilationsanläggning skapar vid maxventilation. Mellan kall och varm sida av en brandmur uppmättes ca 65 Pa, se figur 14. (Ventorp, 1985)

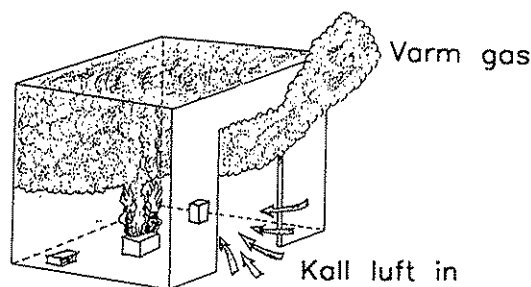


Figur 14. Tryckskillnader mellan varm och kall sida av brandmur respektive över och under skullgolv (Ventorp, 1985).

Brandgaser rör sig från brandrum med övertryck till angränsande stall med undertryck. Stall ventileras vanligtvis enligt undertrycksprincipen. Kraftig undertrycksventilation i stallar ökar därmed risken för brandgaser att tränga in i stallet, via otätheter i brandavskiljande konstruktioner. De måste därför göras gastäta (Gustafsson, 1990). Tiden innan brandgaser når i höjd med öppningar avgör hur lång tid genomföringarna har att uppnå full täthet (Ventorp, 1985).

Öppningar

Med öppningar avses bl.a. dörrar, fönster, håltagningar och springor i brandavskiljande konstruktioner. Dessa bidrar till brandspridningen. När brandgaserna sjunker och når i höjd med en öppning börjar de strömma ut, på grund av expansion och tryckskillnader (Ondrus, 1996). Först strömmar de svalare gaserna, ca 20 °C, ut genom öppningarna och följs av de varma gaserna, 150-200 °C. Detta fortgår tills flödet vänder och fräsch omgivande luft strömmar in i öppningarnas lägre delar, figur 15. Varma brandgaser lämnar rummet i dess övre delar (Butcher, 1979 & Parnell; Hägglund, 1986). Den utströmmande gasströmmen kommer att föra med sig rök, värme och ibland flammor till det angränsande rummet. Omgivande luft för med sig syre när den strömma in via öppningens nedre del, som underhåll till förbränningsprocessen (Ondrus, 1996).

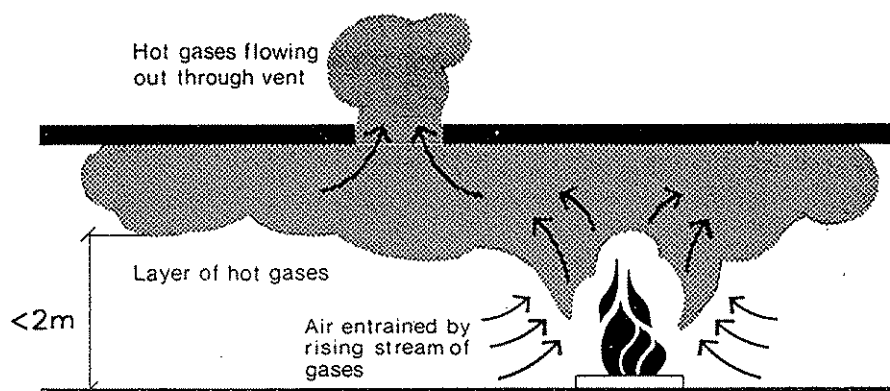


Figur 15. Rummets begränsningar påverkar brandgasutvecklingen (Efter Ondrus, 1996).

Öppningarnas geometri har betydelse för brandgasspridningen. En hög och smal öppning ger ett jämnt utbyte mellan de varma brandgaserna och den omgivande luften. Görs öppningen låg och bred erhålls en högre grad av ofullständig förbränning. De utströmmande brandgaserna kommer att innehålla mycket oförbränt material (Ondrus, 1996). Öppningar placerade högt ovan golvet har ett negativt bidrag till spridning av giftiga heta brandgaser jämfört med lågt placerade öppningar (Kumm, 1998).

Brandgasventilation

Om brandgaser når den kritiska nivån för vad djur klarar, 2 meter över golvet, reduceras möjligheten att rädda livet på djur i stallet avsevärt (Ventorp, 1985). Ett sätt att förhindra stall, loge m.m. att helt fyllas med brandgaser är att installera brandgasventilation. Principen bygger på öppningar i yttertaket som vid brand öppnas och släpper ut de varma brandgaserna, se figur 16 (Hägglund, 1986).



Figur 16. Principen för brandgasventilation (Efter Butcher & Parnell, 1979).

När gaslagret vid taket växer byggs övertrycket upp vilket får gaserna att flöda ut genom ventilatorerna. Brandförloppet blir långsammare och produktionen av brandgaser minskar på grund av att den fria höjden över brandhärden ökar. Det innebär minskad återstrålning mot brännbart material i byggnaden. Resultatet blir bättre motstånd mot och minskad spridning av brand och brandgaser. Lantbrukaren erhåller mer tid för att rädda djuren undan brandgaserna. Även brandkårens chanser att rädda liv och egendom ökar (Gustafsson, 1990). Kolmonoxidkoncentrationen sjunker eftersom det tillgängliga syret kan utnyttjas bättre och en högre grad av fullständig förbränning erhålls (Gottuk & Roby, 1995; Ventorp, 1985).

Svennerstedt (1997) konstaterade, genom teoretiska beräkningar, att gaslagret inte förmår lägga sig lägre än den kritiska gränsen, 2 m ovan golv, trots öppna dörrar. Orsaken är att brandgasventilatorerna avlastar branden, med ett lägre brandtryck.

BRANDAVSKILJANDE KONSTRUKTIONER

Brandtekniska egenskaper

Innan BBR 94 utkom, var brandskyddet mest inriktat på val av lämpliga material. Idag koncentreras arbetet på att bestämma funktionskrav.

Enligt BBR 94 ska brandavskiljande byggnadsdelar vara täta mot genomgång av flammor och gaser samt vara tillräckligt värmeisolerade så att temperaturen på den av brand påverkade sidan inte ger upphov till risk för brandspridning. Konstruktionen ska upprätthålla sin funktion under tiden för brandmotstånd, vilken TNC (1988) definierar som "förmågan hos material, byggnadsdel e.d. att under viss tid motstå brand med bibehållen bärande eller avskiljande funktion eller bådadera".

Avskiljande och bärande byggnadsdelar

Brandmotstånd hos bärande och/eller avskiljande byggnadsdelar indelas beroende av funktion. Till den brandavskiljande förmågan hör termerna isolering, I, och integritet (täthet), E. Beteckningen R står för bärförmåga. Klassbeteckningarna följs av en siffra, som anger brandmotståndstiden i minuter. Tiderna är 30, 60, 90 och 120 minuter (Backvik m.fl., 1996). Kravet för jordbrukets ekonomibyggnader är att de brandavskiljande konstruktionerna, inklusive genomföringar, ska motstå brand och brandgaser i ca 60 minuter (Jordbruksverket, 1995).

Dörrar, luckor och portar ska utformas så att den brand- och brandgasavskiljande förmågan hos den brandavskiljande konstruktionen inte nämnvärt försämras, dvs uppfylla samma brandklass (Boverket, 1994a).

Provningsmetoder

Brandmotstånd bestäms genom provning och/eller beräkning. Provning utförs i allmänhet då tillförlitligheten hos beräkningarna idag är bristfälliga (Gustafsson, 1991). Till grund för dagens provningsförfarande används brandförloppet för en ventilationskontrollerad brand, se figur 5.

Material och ytskikt

Antändningsfasen kan förlängas med hänsyn till vilket material rummet består av. Generellt gäller att använda obrännbart material. För att avgöra om ett material är brännbart eller obrännbart används provningsmetoden, NT FIRE 001/ISO 1182 (ISO, 1991). De uppställda kraven är en maximal temperaturhöjning på 50 °C, maximalt 20 sekunders flamtid och mindre än 50 % viktninskning. Material innehållande en liten del brännbar substans kan klassas som obrännbart så länge som det uppfyller provkraven (Andersson, 1993).

Det är svårt att använda enbart obrännbart material, därför ställs krav på materials ytskikt. Ytskikt som kan förlänga antändningsfasen bör i första hand väljas. Gällande provmetod för ytskikt är NT FIRE 004 (Nordtest, 1985) eller 030 (Nordtest, 1987) beroende av om det är små- eller fullskaleförsök. Rökutveckling, temperatur och tid för eventuell övertändning registreras.

En annan mätmetod som idag används i USA är konkalorimetern. Den mäter många egenskaper bl.a. antändningstid, termisk tröghet, Rate of Heat Release, avgiven värmeenergi, brandgasavgivning samt brandgasernas temperatur och tryck. Motsvarande metod i Sverige är room/corner test, NT FIRE 025 (ISO, 1993). Den mäter materialets effektutveckling, tid för eventuell övertändning och rökproduktion (Andersson, 1993).

Ytskikt indelas, efter provning, i tre klasser I, II och III, där III motsvarar obehandlat trä. Val av ytskikt räknas som en passiv åtgärd för att förlänga utrymmningstiden. Aktiva system som sprinkler, larm och rökevakuering finns också att tillgå men kräver uppbackning i form av bl.a. elförsörjning (Andersson, 1993).

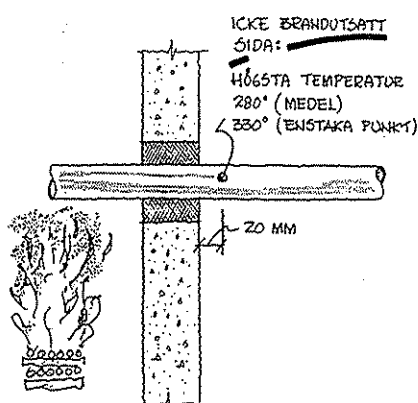
Konstruktion

Under flamfasen är det de brandavskiljande konstruktionerna som är viktiga. De ska hindra branden att sprida sig. Arbetsprincipen är att välja material med god tålighet mot brand vilket gör konstruktionen motståndskraftig (Andersson, 1993).

Vid provning av väggar och bjälklag utsätts konstruktionerna för en standardiserad brand. Två faktorer mäts: hur snabbt väggen bli het på motsatta sidan samt hur otät konstruktionen är, dvs hur snabbt den släpper igenom oförbrända gaser. Provmetoden är NT FIRE 005 (ISO, 1992) och anger brandmotståndstider för konstruktioner (Andersson, 1993).

Genomföringar

Genomföringar och dess tätningar ingår som en del i avskiljande konstruktioner. Provmetoden som gäller är densamma som för väggar och bjälklag. Konstruktioner skall uthärda brandprovning under den uppsatta brandmotståndstiden utan att släppa igenom eldslågor och brandgaser. Vidare gäller att yttemperaturen på den från branden vända sidan inte ska öka mer än till 140 °C i genomsnitt. På enstaka punkter kan en ökning till 180 °C tillåtas. Vid genomföringar i form av kablar, rör o.d. accepteras en genomsnittlig temperaturstegring på 280 °C respektive 330 °C för enstaka punkter NT FIRE 005 (ISO, 1992). Temperaturen mäts på mantelytan hos rör och kablar, 20 mm från brandväggen på den icke brandutsatta sidan, se figur 17. Förutom temperaturkravet sker provning vid ett tryck på 10 Pa.



Figur 17. Provning av rör genomföring (Byggnadsstyrelsen, 1993).

Enligt Sandgren (1997) ska genomföringar inom ett år uppfylla kraven i den nya Europeanormen, prEN 1366 (CEN, 1992). Maximal temperaturstegring skall vara densamma som för väggar och bjälklag. Genomföringar placerade 0-1 m ovan golv ska genomgå prov vid 15 Pa tryck. Är avståndet mer än 1 m över golvet, gäller 20 Pa provtryck. Den nya normen berör inte brandgasspridningen nämnvärt utan håller sig till att definiera metod för att upprätthålla täthet och isolering hos brandavskiljande konstruktioner. (Byggnadsstyrelsen, 1993; Sandgren, 1997)

En brandtätning måste klara rådande tryck. Ett frånluftsventilerat stall har ett undertryck på ca 20 Pa. Till detta tryck läggs, det av branden skapade övertrycket, se figur 14. Ett exakt värde är svårt att ange men som riktvärde anger Byggnadsstyrelsen (1993) 1000 Pa. Lösa tätningar bör i möjligaste mån undvikas, då de på grund av övertrycket kan hamna ur läge (Byggnadsstyrelsen, 1993).

Idag saknas krav på täthet mot brandgaser hos dörrar, portar, luckor och deras anslutningar. Dagens provmetoder av brandmotståndet är inte tillräckliga för att mäta läckage av kalla och medelvarma brandgaser, dvs med temperatur som ligger kring 20 °C respektive 150-200 °C. Som förslag till nya provmetoder föreslås att läckage av medelvarma gaser ska mätas på/vid konstruktionen (Byggnadsstyrelsen, 1993).

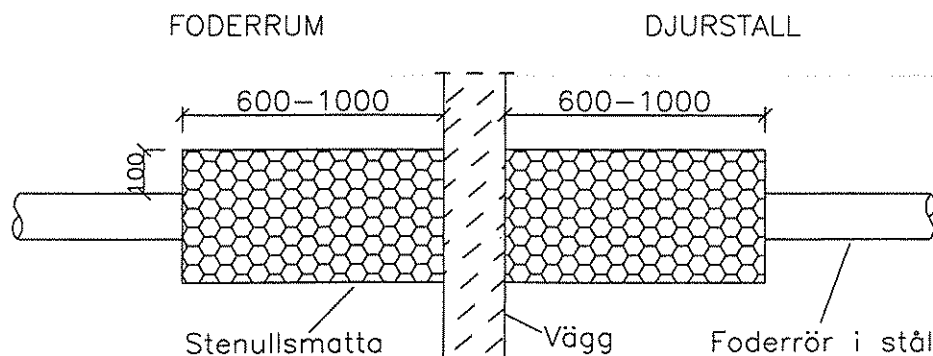
GENOMFÖRINGAR I LANTBRUKET

De otätheter som behandlas i denna rapport hör till kategorin genomföringar. Störst problem anses foderrör, luckor för hönedkast och dörrar med rälsgenomgång utgöra. LBK:s rekommendationer saknar närmare anvisningar hur dessa genomföringar skall utformas.

Foderrör

Foderrör består av plast eller stål med skruv eller kedja inuti. Vanligast är stålrör men andelen plaströrsinstallationer ökar (Johansson, 1997b). Foderrör utförda i stål kan sprida brand till angränsande utrymmen via värmeledning. Lantbrukaren rekommenderas därför att isolera stålröret med en isoleringsmatta av stenull. Brandklass, densitet på isoleringsmaterialet samt tvärsnittsarea på röret bestämmer längden på isoleringen (Andersson, 1993). Rekommendationen är 600-1000 mm isolering på var sida om den brandavskiljande konstruktionen med en tjocklek av 100 mm, se figur 18 (Eriksson, 1997; Andersson, 1997). Stenull rekommenderas istället för glasull på grund av att glasull med tiden sintrar ihop med sämre brandskyddsegenskaper som följd (Lindblom, 1997). Materialkostnaden för stenullsisolering med längden 1000 mm och tjockleken 100 mm är ca 100 kr.

För att undvika att brandgaser passerar mellan röret och hålet i brandväggen bör det tätas ordentligt runt foderröret. På marknaden finns en uppsjö av olika brandtätningmaterial. Det är tätningsmassor, skum och isolering i olika former m.m. Denna del av konstruktionen går att få helt brandgastät och kommer inte att beröras ytterligare. För mer information hänvisas till KBS (1993), Hornåk (1987) samt SITAC:s godkännandelista.



Figur 18. Dagens foderörsgenomföring, isolerad med stenullsmatta
(Efter Gullfiber, 1996).

Foderröret kan studeras ur en annan synvinkel. Röret kan liknas vid en skorsten som med skorstenseffektens hjälp, kan föra brandgaser via röret till angränsande stall. Hur stort detta problem är det ingen som vet. Brandgasers rörelser inuti foderrör är ett outforskat område. Brandexperter anser att risk för brandgasspridning och dammexplosion föreligger när foderrören körs tomma och står öppna mot omgivningen. Foderdamm virvlas upp och kan under olyckliga omständigheter antändas. De anser att om röret är hermetiskt tillslutet, från silo fram till utfodringsplats, förmår inte gaser att ta sig in i röret. Är röret dessutom ständigt fyllt med foder, $\frac{3}{4}$ - fyllnadsgrad, är tillgängligt utrymme för syre minimalt. Skulle foderröret vara trasigt, blir läget ett annat. I rörets omgivning finns syre i tillräckliga mängder för att underhålla en brand. För detta ändamål behöver rören utrustas med brandtekniska lösningar, se under rubriken förslag på förbättrade lösningar.

Luckor för hönedkast

Foderluckor, har idag olika utföranden. Från plankor eller skivor placerade över hålet i bjälklaget, till mer eller mindre avancerade luckor. Ett stort problem är handhavandet av luckorna. De förblir öppna även när de inte används. Detsamma gäller branddörrar. Orsaken kan vara att luckorna ofta är trögmanövrerade. Luckorna ska uppfylla LBK:s rekommendation på EI 60. Är luckorna stängda och uppfyller brandklassen är bidraget till brand- och brandgasspridning litet enligt Håkansson (1997).

Rälsgenomgång i branddörr

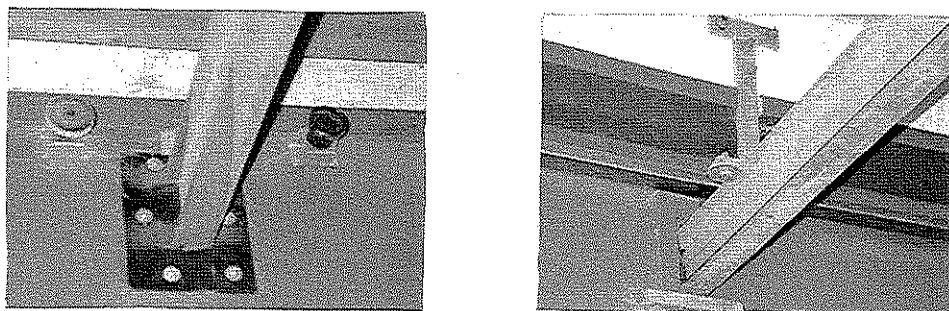
För foderrälsens genomgång i branddörr finns ingen annan rekommendation än den i LBK. Genomföringen ska uppfylla samma brandklass som brandväggen, EI 60, samt vara tät mot brandgaser i ca 60 minuter. Förutom brand utsätts genomföringen av isbildning, orsakad av kondens. Varm fuktig luft kondenserar när den möter en kall yta, till exempel en I-balk. På den kalla sidan om den avskiljande konstruktionen kan den kondenserade luften frysa till is. En otät genomföring bidrar även till kallras i stallet. När kall luft sugas in via öppningar och otätheter till stallet sjunker den på grund av lägre densitet. Kallras har negativ påverkan på djur och skötare.

Rälsen som passerar genom branddörr är av I-balks form och används huvudsakligen för utfodringsvagnar. För att undvika brandspridning tillämpas idag olika metoder. Vanligt är att i dörrbladet göra ett spår, format efter I-balken. En luftspalt bildas då mellan balk och dörrblad. Den bör göras så liten som möjligt, vilket kräver precisionsarbete. Ett annat sätt är att, i eller ovanför dörren utforma ett hål. Runt hålet monteras sk gummiläppar, utformade efter I-balken. De förstörs emellertid med tiden av det dagliga slitaget på grund av öppning och stängning av dörren. Trasiga gummiläppar bör bytas, vilket inte kan garanteras. Läpparnas täthet mot I-balken varierar från gård till gård.

Generellt sett anser brandexperter att rälsgenomföring med ursparning och gummiläppar, ur brandgastätheten, är otillfredsställande. De uppfyller inte brandgastätheten i 60 minuter, är svår att utföra och har begränsad livslängd.

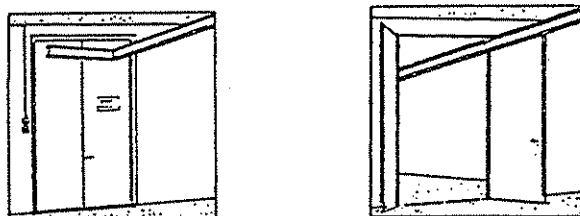
Vi eventuell isbildning lägger sig is mellan dörren och I-balken. Isen gör att gummiläpparna inte kommer att ligga an mot balken. Genomföringen blir än mer otät. Det utsatta läget nära taket, med de vid brand ansamlade brandgaserna, bidrar till snabbare spridning av de giftiga brandgaserna in i stallet.

Istället för att använda gummiläppar kan isoleringsmaterial av typ stenull monteras på samma sätt som gummiläpparna. Det är ur kondenssynpunkt bättre än gummiläppar men känsligheten för det dagliga slitaget kvarstår.



Figur 19. Rälsgenomföring med monterade "gummiläppar".

Genomföring i branddörr kan helt undvikas genom att använda vikbar räls. Problem uppstår vid utfodring. Rälsen måste då föras på plats, vilket ofta sker manuellt. Det är ett arbets- och tidskrävande moment om det sker många gånger per dag. I LBK:s rekommendation finns en vikbar räls illustrerad, se figur 20. Vissa personer, till exempel Eriksson (1997) anser att vikbar räls borde vara ett krav och inte bara en rekommendation.



Figur 20. Enkel principbild av vikbar räls (SBF, 1995).

Det är inte bara genomföringen i sig som ska vara tät mot brand- och brandgasspridning. Även själva dörren måste efter en tids användning, vara tät.

Vid besök på gårdar kunde konstateras att dörrarna hade slagit sig, med varierande otätheter mellan karm och dörrblad. På en gård kunde en springa på flera millimeter uppmätas.

MÄTNINGAR AV LUFTFLÖDE RUNT I-BALK

Hur mycket luft som förmår passera genom en rälsgenomföring jämfört med en långsgående spalt i en branddörr har aldrig tidigare undersökts. Det är därför intressant att få en uppfattning om vikten av en tät rälsgenomföring.

Det finns teoretiska samband för att beräkna luftflöde genom spaltöppningar och cirkulära hål (Kronvall, 1980). Utifrån denna teoretiska bakgrunden är det emellertid svårt att härleda ett matematiskt samband som beskriver flödet genom oregelbundna hål.

Flöde genom hål och spalter

Som utgångspunkt för att bestämma luftflödet för en foderrälsgenomföring används dock Kronvalls (1980) beräkningsförfarande för långsgående spalt. Det teoretiska flödet för förlustfri strömning genom ett cirkulärt hål eller en spalt bestäms med Bernoullis sats, ekvation 1 och 2 (Kronvall, 1980).

$$p_1 = p_2 + \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad (1)$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p}{\rho}} \quad (2)$$

där

$p_{1,2}$ tryck på var sida om mätobjektet, Pa

ρ densitet på flödesmediet, kg/m³

v medelhastigheten genom mätobjektet, m/s

Det verkliga flödet reduceras med kontraktionskoefficienten, C_d , på grund av att den utströmmande luftstrålens tvärsnittsarea inte alltid är lika med öppningens, ekvation 3 (Kronvall, 1980; Alvarez, 1990). Det gäller särskilt vid skarpkantade hål (Alvarez, 1990).

$$v = C_d \sqrt{\frac{2 \Delta p}{\rho}} \quad (3)$$

Kirchhoff kom på 1800-talet fram till att C_d är ungefär 0,611. För tunna väggar med öppningar vars kanter är skarpa bör kontraktionskoefficienten korrigeras med faktorn 0,97 för energiförlust. Den nya kontraktionskoefficienten, C_d^* , är $0,611 \cdot 0,97 = 0,593$. Båda koefficienterna gäller för skarpkantade hål och spalter i tunna väggar. Luftens rörelse genom en spalt liknar den som gäller mitt i ett cirkulärt hål, åskådliggjord i figur 21. Brandgasers koncentration av fasta partiklar är inte tillräckliga för att påverka strömningsförhållandet och de fysikaliska egenskaperna. Strömning av brandgaser i en byggnad kan därav behandlas som uppvärmd luft.

Flödet genom längsgående spalt, i en tunn vägg, sattes upp av Kronvall (1980), enligt ekvation 4.

$$q = l \cdot b \cdot C_d^* \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}} \quad (4)$$

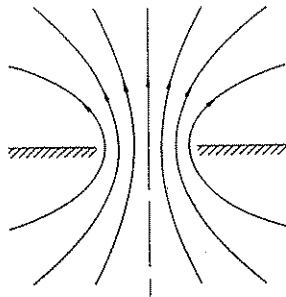
där

l längden i flödesriktningen, m

b spaltbredd, m

q flödet i m^3/s

Som exempel på en längsgående spalt kan en otät branddörr studeras med en springa på 5 mm och längden 2400 mm. Lufttemperaturen antas vara 18 °C, vilket ger en densitet på 1,197 kg/m^3 . Kontraktionskoefficienten C_d^* är 0,593, enligt Kronvall (1980). Vid ett tryckskillnad på 30 Pa blir flödet, enligt ekvation 4, ca 180 m^3/h .



Figur 21. Flöde genom ett cirkulärt hål (Efter Kronvall, 1980)

Ett värde på kontraktionskoefficienten för flöde runt en I-balk är svår att uppskatta eftersom öppningen består av ett antal olika orienterade spalter, se figur 24. För att få en uppfattning om vilka flöden som kan förväntas uppstå vid olika tryck och spaltbredd genomfördes därför ett laboratorieförsök.

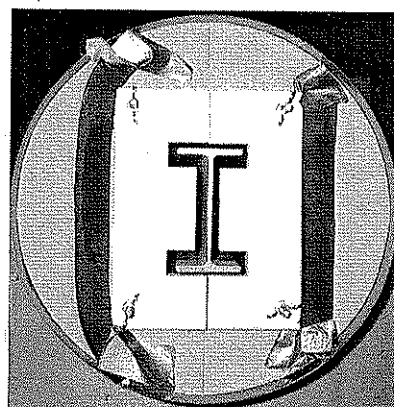
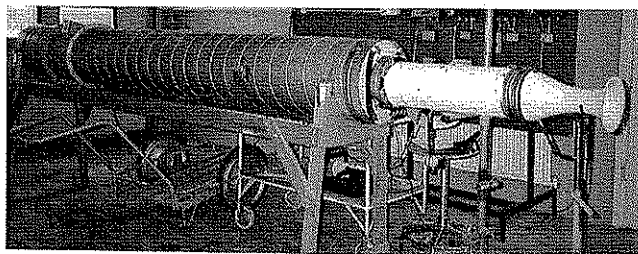
Material och metoder

I en vindtrumma monterades en 50 cm lång IPE 120-balk. Runt I-balken placerades spånskivor med olika spaltbredd, figur 22. Vid olika tryckskillnader registrerades flödet. Den minsta spalten, 3 mm, valdes efter konsultation med Visser (1997). Att garantera en spalt på 3 mm kräver precision. Rimligt antagande är att spalternas verkliga storlek kommer att variera, beroende på noggrannheten vid tillverkning av ursparning. Därav valdes spaltbredder på 5, 10, 15 och 20 mm. För att studera hur bredden hos den avskiljande konstruktionen påverkar flödet utfördes test med dubbla spånskivor för spaltbredderna 5 och 10 mm.

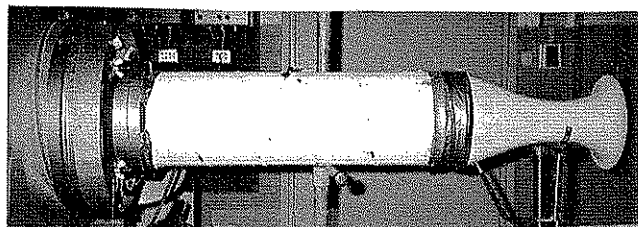
Det valda tryckintervall från 0-130 Pa baseras bl.a. på fältförsöken utförda av Ventorp (1985), Gustafsson (1990) och Garmer (1988), se figur 14. Omgivningstemperaturen vid försöket var 18 °C, vilket motsvarar en densitet på 1,197 kg/m³.

I vindtrummans ena ände monterades en varvtalsreglerad fläkt. Trumman diameter var 400 mm. Med en tyristor varierades tryckskillnaden över genomföringen. Tryckskillnaden mättes med en, till vindtrumman kopplad, spritmanometer. Framför genomföringen placerades en mätstos inkopplad till en flödesmätare. För att undvika störning av flödet intill öppningens utlopp, monterades flödesmätaren med stös på avståndet 650 mm, enligt rekommendation från Alnor (1994). Försöksupställningen illustreras i figur 22.

Fläkt



TVÄRSNITT

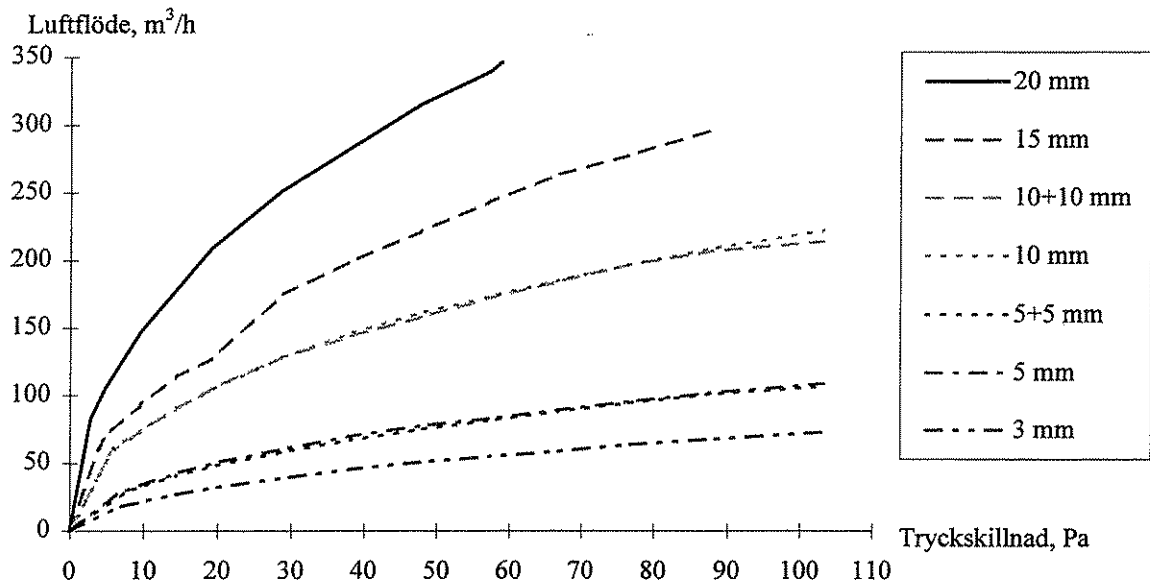


Flödesmätare

Figur 22. Laborationsupställning för mätning av luftflöde runt I-balk.

Resultat

De uppmätta flödena för olika tryckskillnad och spaltbredd visas i figur 23. Varje kurva motsvarar en mätserie.



Figur 23. Luftflöde kring I-balk vid olika tryckskillnader.

Att mätvärdena slutar vid strax över 60 Pa för spaltbredden 20 mm beror på att fläkten inte förmådde öka trycket mer. Någon direkt påverkan på flödet kunde inte konstateras vid fördubblad tjocklek på spånskivan.

Slutsatser

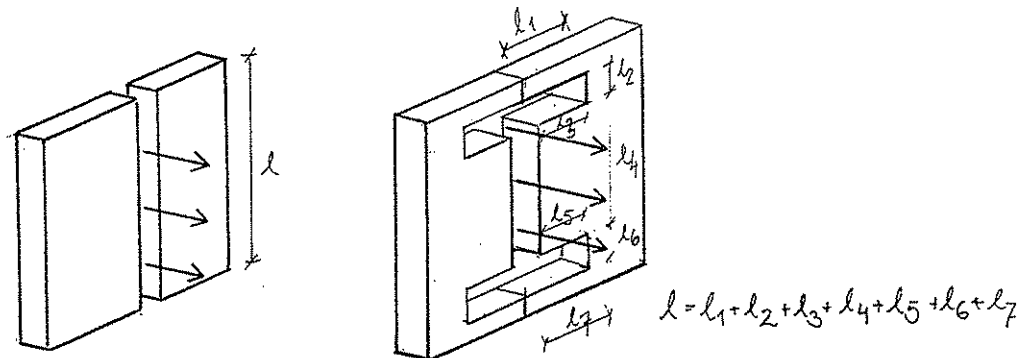
I stort sett är flödet proportionellt mot spaltöppningen. Om öppningen till exempel tredubblas blir flödet ca 3 gånger större.

För att erhålla en förståelse för flödet relaterat till tidsförloppet kan figur 23 jämföras med figur 7. När branden har fortskridit i ca 4 minuter är det maximala trycket på ca 70 Pa (Ventorp, 1985). Ett maximalt tillåtet flödet är omöjligt att ange eftersom sådana krav aldrig fastställts. Målet bör givetvis vara att spalten ska vara så liten som möjligt för att begränsa det totala flödet.

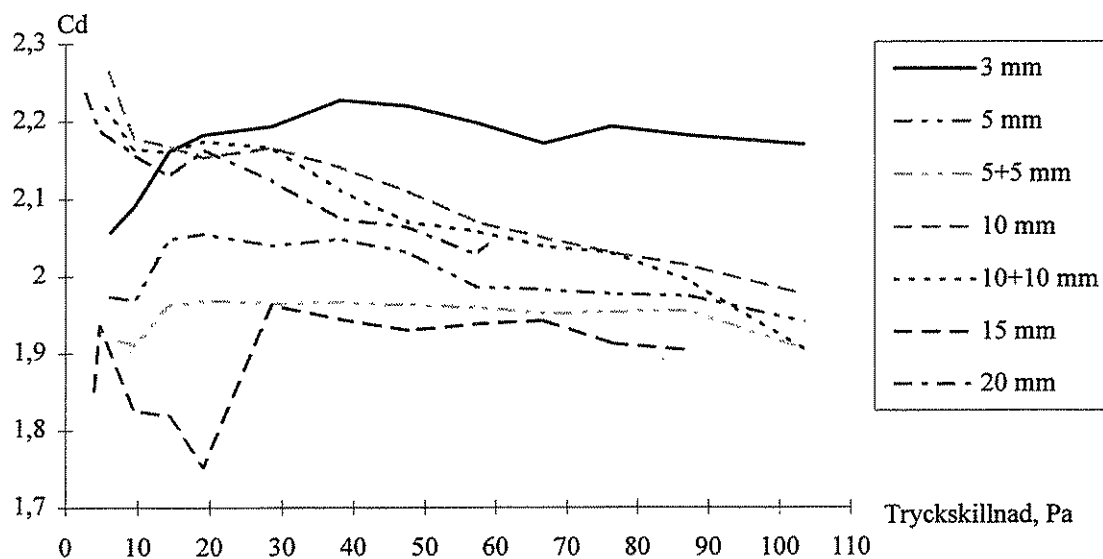
Av figur 23 framgår att flödet för en 5 mm spalt vid 30 Pa och 18 °C uppgår till ca 60 m³/h. Det kan jämföras med det tidigare beräknade flödet för en otät branddörr med 5 mm springa, ca 180 m³/h. I-balkens flöde på ca 60 m³/h, omräknat till spaltlängd blir ca 0,8 m. Dörrens täthet har således en stor inverkan på flödet av brandgaser in till stallet.

Bestämning av kontraktionskoefficienten, C_d^*

Då rälsgenomgång i dörr alternativt vägg anses vara ett skarpkantat hål i en tunn vägg används ekvation 4 för att bestämma koefficienten C_d^* . I figur 25 avsattes C_d^* mot tryckskillnaden. Bredden, b , är spaltbredden mellan I-balk och spånskiva. Längden, l , är densamma som halva I-balkens omkrets, då det är den längden tvärs flödesriktningen som avses, se figur 24. För IPE 120 är längden 0,238 m.



Figur 24. Längdberäkning tvärs flödesriktningen (Efter Kronvall, 1980).



Figur 25. Kontraktionskoefficienten varierat med tryck och spaltbredd.

Utifrån figur 25 kan konstateras att värdet på C_d^* , för en springa runt en I-balk, är ca fyra gånger större än för en längsgående spalt med samma längd som halva I-balkens omkrets. Upptagningsområdet för luft, jämfört med en längsgående spalt är inte en halvcirkel, figur 21. I-balken styr upp luften som erhåller högre hastighet. Det är den troliga förklaringen till varför flödet blir ca fyra gånger större för en öppning med I-balk än vid en längsgående spalt.

Om man överslagsmässigt önskar beräkna flödet genom en springa runt en räls-genomföring bör man kunna använda ekvation 4 och utnyttja det funna värdet på $C_d^* \approx 2$ samt sätta l till halva I-balkens omkrets.

Rälsgenomföringens placering bör hållas i åtanke. Förhållandevis nära taket med högt rådande brandtryck gör att I-balkens förhöjda flöde får ett negativt bidrag till brandgas-spridningen, figur 13.

FÖRSLAG PÅ FÖRBÄTTRADE LÖSNINGAR

Funktionskrav

Vid utformning av konstruktioner är det viktigt att bestämma vilka funktionskrav som bör ställas. De konstruktionsmässiga synpunkterna är bl.a.

- Att de uppfyller den brandtekniska klassen EI 60.
- Att de medverkar till att begränsa temperaturen på den från branden vända sidan samt hindra spridning av brandgaser.
- Att de klarar miljön i lantbruket. Fuktighet, korrosiva gaser, damm, kondens, vattenånga m.m.
- Att ingående material, inte får vara sådana att hälsorisker för djur och människor uppstår.
- Att inte bidra med giftiga gaser vid brand.
- Att inte bidra till brandbelastningen. Bör vara svårantändliga eller obrännbara.
- Att de kan stå emot brandgaser som bildas vid brand.
- Att de klarar av de dagliga belastningarna i form av rörelser, vibrationer och mekanisk påverkan. Vid brand kan dessa rörelser ytterligare förstärkas.
- Åldringsbeständighet och livslängd.

Ingen genomföring är den andre helt lik. Nedan redovisade lösningarna får därför ses som typlösningar.

Reverserat fläktsystem

Med övertryck mot brandgasavskiljande byggnadsdelar bör brandgaser kunna hindras passera genom sprickor och springor, normalt förekommande i avskiljande konstruktioner (Backvik m.fl., 1996). Ny upptäckt i slutet av åttiotalet var att fläktar i drift kunde försvåra brandgasspridning. Principen går att tillämpa för djurstallar, enligt Jensen (1997a). Den bygger på en tryckavlastning som ska eliminera övertrycket, relativt atmosfärstrycket, i brandrummet och förhindra spridning av brand och brandgaser till stallet.

Tryckavlastningen skapas genom att utnyttja ventilationsfläktar. I stall, råder i icke brandutsatt tillstånd undertryck. Detektorer, kopplade till ett brandlarm, indikerar på brand. Fläktarnas omkopplare blir varse branden och ändrar rotationsriktningen hos fläktarna. Ett övertryck byggs upp inne i stallet. Dess storlek bör vara minst lika stor som det av branden uppbyggda övertrycket. Omkopplingen sker med en trefasmotor som kastar om polerna hos fläktarna.

I projekteringsskedet av ekonomibyggnader måste fläktarna dimensioneras efter ett antaget brandscenario. Lars Jensen vid Lunds tekniska högskola har varit med att arbeta fram ett datorprogram, PFS, som används för att räkna på godtyckliga installations- och byggnadstekniska flödesproblem. Utifrån kända parametrar som tryckskillnader, areor, brandrummets täthet, ventilationssystem m.fl. kan programmet simulera fram vilket tryck som fläktsystemet måste åstadkomma för att förhindra brandgasspridning in i stallet. Tre olika fall ställs upp. Normal drift, brand och normal drift och slutligen brand och reverserad drift (Jensen, 1997a).

Branden i sig skapar inte ett tryck utan en termisk expansion och kan benämnas brandflöde. Vid simuleringen definieras brand som en extra fläkt, ansluten till systemet, vilket stör systemet byggnad-ventilation. Utgångspunkten för valt flöde hos fläkten är brandens effekt, brandrummets täthet och typ av ventilationssystem (Jensen, 1993). Genast förändras bilden. Övertrycket i brandrummet stiger och flödet in i stallet ökar. Då omkopplas fläktarna och skapar övertryck i stallet (Jensen, 1997b). I bilaga 5 visas exempel på ett stall med reverserat fläktsystem.

Metoden med reverserade fläktar gör stallet oberoende av otätheter i klimatskalet (Jensen, 1997b). För att metoden ska fungera förutsätts att strömmen inte bryts och att branddetektorer finns monterade. Systemet kräver reservkraft vilket kan vara svårt att förverkliga i praktiken. Det går inte att förutsätta att reservkraften kan kopplas in tillräckligt snabbt för att systemet ska fungera tillfredsställande. Bäst resultat erhålls om metoden kompletterar de byggnadstekniska lösningar.

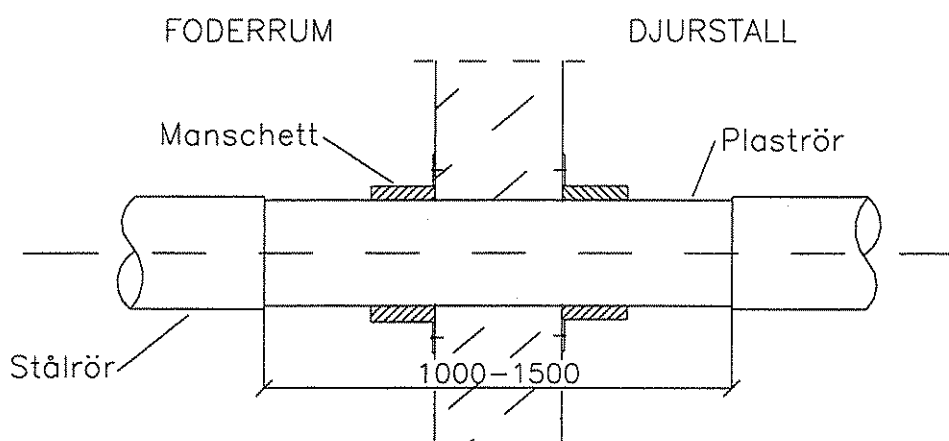
När fläktarna ändrar riktning utnyttjas ca 80-90 % av fläktkapaciteten. Enligt Jensen (1997b) har det ingen betydelse så länge övertrycket är tillräckligt i stallet, ca 40-60 Pa. Om fläktarna byter riktning utan att stanna emellan finns risk att fläktmotorn skadas. Vridmotståndet bli dubbelt så stort och undviks med ett stopp på ca 10 sekunder (Jensen, 1997b).

För att erhålla ett fungerande system bör ventilationskonstruktören tillsammans med en brandkonsult analysera byggnadens och systemets förutsättningar: byggnadens och brandcellernas storlek och om anläggningen har ett gemensamt eller flera ventilationssystem m.m. (Jensen, 1997a)

Foderrör

Brandmanschetter är uppbyggda av ett stålhölje invändigt klädd med ett expanderande tätningsmaterial av grafit. Manschetterna monteras runt rör. Som regel krävs en manschett på var sida om väggen. Manschetterna används för tätning av plaströr vid genomgång av brandklassade konstruktioner. För att passa foderrör i stål bör ca 1-1,5 meter av röret bytas ut mot plaströr, se figur 26 (Zackrisson, 1997; Sandgren, 1997). När grafitmaterialet uppnår en temperatur på 150-200 °C aktiveras manchettens termiska funktion, varvid grafitmaterialet expanderar inåt och klämmer ihop plaströret tills genomföringen är fullständigt tät. Det igentätade plaströret förhindrar värme och brandgaser att spridas in till stallet. Det uppsvällda tätningsmaterialet har en delvis isolerande förmåga vilket minskar skruvens värmeledning.

Genomföringens erhållna brandklass beror helt och hållet på den avskiljande konstruktionens brandklass. Sandgren (1997) anser att de nya provkraven, att temperaturen på den icke brandutsatta sidan inte får överstiga 140 °C, bör gälla även rör med foderskruv.



Figur 26. Foderrör med dubbelmonterad manschett
(Efter Sandgren, 1997; Zackrisson, 1997).

På marknaden saluförs olika fabrikat av brandmanschetter. Exempelvis KBS Pipe Seal, KBS Fir-A-Belt och Silicone Trading RS 10, vilka närmare beskrivs nedan samt i bilaga 1 och 2. Pipe Seal finns i flera olika utföranden. Sandgren (1997) rekommenderar Pipe Seal typ M-OSI. Vid montage belastas röret av en mekanisk irisstjärna av metallknivar (irisstjärnan fungerar som bländaren hos en kamera). Plaströrens mjukgörare börjar degenerera vid ca 80 °C.

Irisstjärnan aktiveras då och klämmer åt ytterligare kring röret, för att tillslutas med den termiska funktionen. Denna typ av manschett kräver endast montage på en sida om brandväggen. De två andra manschettyperna saknar den mekaniska irisstjärnan.

Hos RS 10 byggs den termiska delen upp av tätningsmaterialet Intumex L som läggs i flera lager och därmed anpassas efter rörets diameter. För foderrör med diametern 100 mm krävs fyra lager Intumex L (Zackrisson, 1997).

Manschetter utformade för plaströr med skruv har inte provats, men ska enligt Zackrisson (1997) och Sandgren (1997) fungera. För att erhålla ett snabbt och effektivt brandskydd är villkoret att skruven stannar vid brand. All el, icke nödvändig för säkerhet, bör vid brand eller upphettning kopplas bort. Enkelt sker det exempelvis med en värmedetektor och en kontaktor i elcentralen (Sandgren, 1997).

Manschetterna är enkla att montera och kräver inget nämnvärt underhåll. De har högt ställda miljökrav och klarar lantbruksmiljön med dess fukt, korrosiva gaser, damm m.m. Material i manschetterna är ur hälsosynpunkt ofarliga för människor och djur. Livslängden uppges vara näst intill oändlig (Sandgren, 1997; Zackrisson, 1997).

Den kalla, 20 °C, röken förmår inte utlösa den termiska funktionen. Tiden det tar att uppnå 150-200 °C vid foderröret och dess höjd över golvet avgör brandgasspridningsförloppet. Ett snabbt och intensivt brandförlopp anses ge brandgasproblem av ringa omfattning. Den termiska funktionen bör ytterligare undersökas. Montage av manschetterna på väggar innehållande brännbart material, till exempel trä, tillåts så länge de är brandklassade. De expanderande tätningsmaterialen är goda isolatorer mot värmeledning, men saknar förmågan att kyla metall. Hur väl manschetterna förmår förhindra ledning via foderrör kan inte Sandgren (1997) eller Zackrisson (1997) uttala sig om. Det är något som bör provas.

Priset för ett 1 m långt plaströr (Ø 100 mm) med skarvhylsor (2 st) är ca 350 kronor (Sveaverken, 1997). Rörmanschetterna ligger i prisklassen 300-1200 kr/st, inklusive infästning.

Luckor i bjälklaget

Trälucka

Lindblom (1997) rekommenderar lantbrukare att bygga en lucka som med sin tyngd skapar täthet mot brandgaser. Brandspridning förhindras genom att luckan uppfyller brandklassen EI 60. Luckan byggs upp av en 95 mm hög ram med fastmonterad stenullsmatta. Vid eventuell förlust av den underliggande skivan, av vattenbeständigt material,

ska stenullsmattan vara monterad så att den inte trillar ner. Glasull har förmågan att med tiden sintra ihop och därmed erhålla sämre utfyllnad i ramen. Ovanpå ramen monteras två lager tändskyddande beklädnad. Exempel på tändskyddande beklädnad finns i SITAC:s godkännandelista. Vid tillverkning av luckan monteras en ramlist på undersidan av luckan, se figur 27. Den monteras när luckan befinner sig i stängt läge, dvs då den av sin tyngd tätar som bäst.

Luckans totala vikt är 15-20 kg. Tyngden får luckan att sluta tätt mot bjälklaget och begränsa brandgasnedträngningen. Med en fjäder fastsatt mellan luckan och bjälklaget, alternativt en motvikt, underlättas öppning och stängning. Anordningen ska minska luckans tyngd med 5-10 kg. Längs luckans ena sidan monteras två gångjärn med funktionen att hålla luckan i rätt läge.

Det är viktigt att luckan ges ett överlapp ovan bjälklaget. Den tändskyddande beklädnaden görs något större än hålet. 2-3 cm överlapp kan vara tillräckligt (Lindblom, 1997). Överlapp och ramlist försvårar för brandgaserna att ta sig in i stallet.

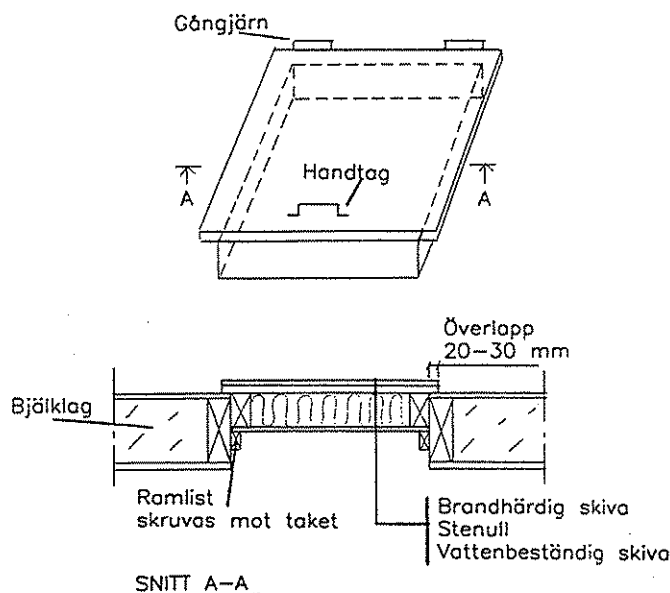
Luckan är i sig inte brandtestad men är utförd enligt LBK:s rekommendationer för bjälklag med brand uppiifrån. Luckan antas därför uppfylla brandklass EI 60. Materialen ska vara anpassade för den aktuella lantbruksmiljön, det vill säga tåla fukt, rådande tryckskillnader m.m. Som tidigare nämnts är det av största vikt att luckan är stängd när den inte används. Till luckan kan en stege monteras vilken ser till att lantbrukaren blir varse om luckan står öppen. SBF (1995) redovisar förslag på detta.

För att en befintlig massiv trälucka ska uppfylla brandklassen EI 60 kan den kompletteras med den ovan beskrivna konstruktionen. Tändskyddande beklädnad monteras ovanpå träluckan i ett lager. För att förbättra tätheten mot brandgaser föreslår Zackrisson (1997) att det runt öppningen i bjälklaget eller runt luckan monteras en brandtätande list av exempelvis Intumex L, se bilaga 4. Tättningslisten kan placeras runt luckan eller i hålet, se figur 28. För att skydda listen mot slitage föreslår Zackrisson (1997) att den placeras i ett utfräst spår. Det är lättast att fräsa i luckan. För ställluckor bör listen monteras runt luckan. Stålets värmeledande förmåga leder värme till tättningsmaterialet som därmed uppnår en snabbare expansion.

För att ytterligare skydda tättningslisten bör luckan monteras med ett spel på 5-6 mm, i förhållande till bjälklaget. Silicone Trading saluför en aluminiumbelagd Intumex L list som är något slitstarkare och kan vara att rekommendera för brandlucka i bjälklag (Zackrisson, 1997).

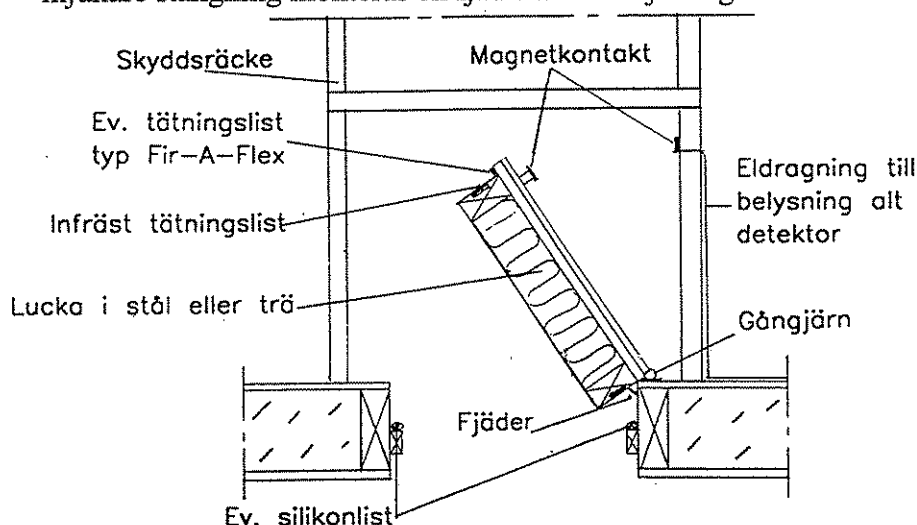
Om tätheten mellan luckan och bjälklaget inte är tillfredsställande föreslår Zackrisson (1997) att en silikonlist fästs i bjälklaget, under luckan, se figur 28. Dess funktion är att innan tättningslisten börjar expandera begränsa brandgasspridningen till stallet. Stor risk föreligger emellertid att den kommer att slitas bort. Funktionen av silikonlist kan diskuteras.

På undersidan av luckans överlappande del kan en expanderande tätningslist av typ KBS Fir-A-Flex med cellplast monteras, se figur 28. Det är en mer elastiskt list än jämfört med Intumex L. Eventuella ojämnheter i stängt läge kan minskas och vid brandtillfället kommer listen att ge extra brandgastätning. På grund av kondens, med efterföljande isbildning är det viktigt att luckan sluter tätt mot bjälklaget. Där kan listen åter fylla en funktion genom att ge en viss följsamhet med underlaget.



Figur 27. Trälucka enligt Lindblom (1997).

För att garantera en stängd lucka kan en magnetkontakt monteras på luckan, se figur 28. Kontakten kan kopplas till belysningen på skullen. Varje gång lantbrukaren släcker, bryts strömmen till magneten och luckan stängs. Skulle ljuset vara på när brand uppstår avgör tiden innan strömmen bryts hur mycket brandgaser som förmår passera ner i stallet. Ökad säkerhet erhålls om magnetkontakten kopplas till en detektor (Kumm, 1997). För en mjukare stängning monteras en fjäder mellan bjälklaget och luckan.



Figur 28. Lucka kompletterad med tätningslister och magnetkontakt (Efter Sohlberg, 1998; Zackrisson, 1997).

Luckan är något lantbrukaren själv kan montera och konstruera. För att uppnå bästa tätning mot brand- och brandgasspridning anser Lindblom (1997) att lantbrukaren bör bygga en helt ny lucka. Mycket av materialet finns att tillgå på gården. Använda tätningslister måste regelbundet ses över och bytas vid behov (Sandgren, 1997; Zackrisson, 1997).

Materialkostnaden för en trälucka med måtten 1500 x 1200 är grovt uppskattat till 500-700 kr, exklusive brandtätningslister (Alstersved, 1998). Priset för en brandlucka i stål med samma mått är 8000-9000 kr (Andersson, 1998). Denna brandlucka är försedd med extra stålplåtar för att förhindra risk för genomtramp. Kompletteringen med tätningslister och magnetkontakt ligger på 750-1500 kr (Kumm, 1997; Zackrisson, 1997).

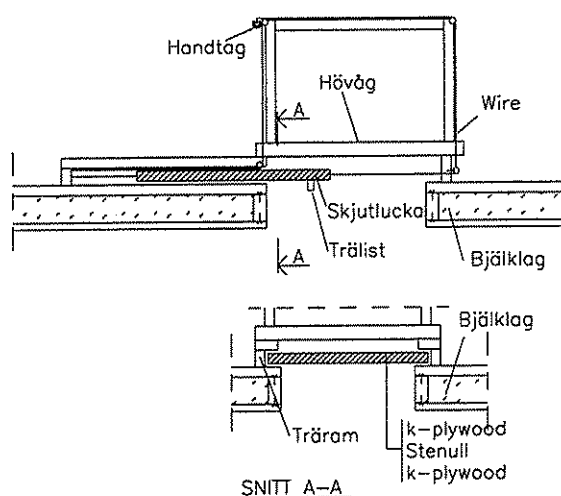
För ytterligare information om Intumex L och KBS Fir-A-Flex hänvisas till bilaga 3 och 4.

Skullgluggslucka

För ca 10 år sedan konstruerade Larsson (1997) en skullgluggslucka av skjutmodell. Luckan monterades i en ramkonstruktion, ovan bjälklaget. Luckan bestod av 100 mm stenull fastsatt i en träram, klädd med k-plywood på var sida. På luckans undersida, längs ena kortsidan, monterades en trälist med funktion att täta mot brandgaser samt fungera som handtag, figur 29. Där takhöjden var sådan att lantbrukaren inte nådde handtaget samt krävde mer kraft användes en högaffel. På grund temperaturskillnad uppstod kondens. Luckan var därför tvungen att monteras med ett större glapp till ramen för att trät i luckan svällde. För en smidigare skjutfunktion, var luckan upphängd på fyra kullager, en i varje hörn av luckan.

Det var möjligt att få en hövåg monterad till skullgluggsluckan. Ett schakt av lastpallskragar konstruerades ovan öppningen i bjälklaget, med plats för vågen. För att kunna öppna luckan när vågen var lastad med hö monterades ett handtag, bredvid vågen, anslutet till en runtgående wire, se figur 29.

Några exemplar av skullgluggsluckan såldes till lantbrukare i Söderköpingsområdet. På grund av bristande marknadsföring och liten efterfrågan försvann luckan från marknaden 1989. Priset var då ca 5000 kronor (Larsson, 1997). Figur 29 visar en principskiss över luckan.



Figur 29. Skullgluggslucka av skjutmodell (Efter Larsson, 1997).

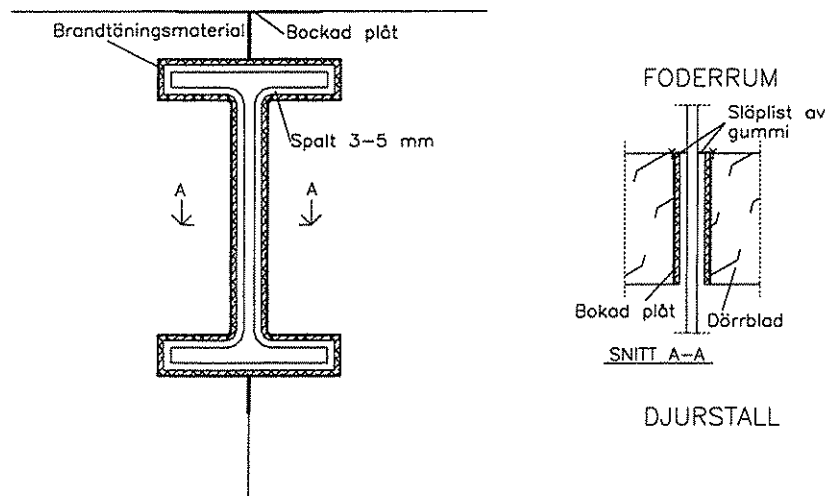
De sålda luckorna fungerade bra enligt Larsson (1997). Skjutfunktionen gjorde att lantbrukaren, utan hjälp av stege, kunde öppna luckan. Bristande egenskaper med skullgluggsluckan var spåren i ramkonstruktionen. De behövde rengöras från bl.a. halmrester efter varje säsong. Det skulle eventuellt kunna avhjälpas genom att montera en släpplista längs bjälklagsöppningen. I stängt läge tätade luckan väl mot brandgaser, på grund av sin tyngd. Om inte luckan stängdes ordentligt kunde luft smyga sig ner till stallet via den bildade spalten mellan lucka och bjälklag. Lantbrukaren var tvungen att förvissa sig om att luckan verkligen var stängd, efter avslutat arbete.

Larsson (1997) anser luckan med modifikation och bättre marknadsföring åter skulle kunna finna en plats på marknaden.

Foderräls

Ursparning eller håltagning för I-balk

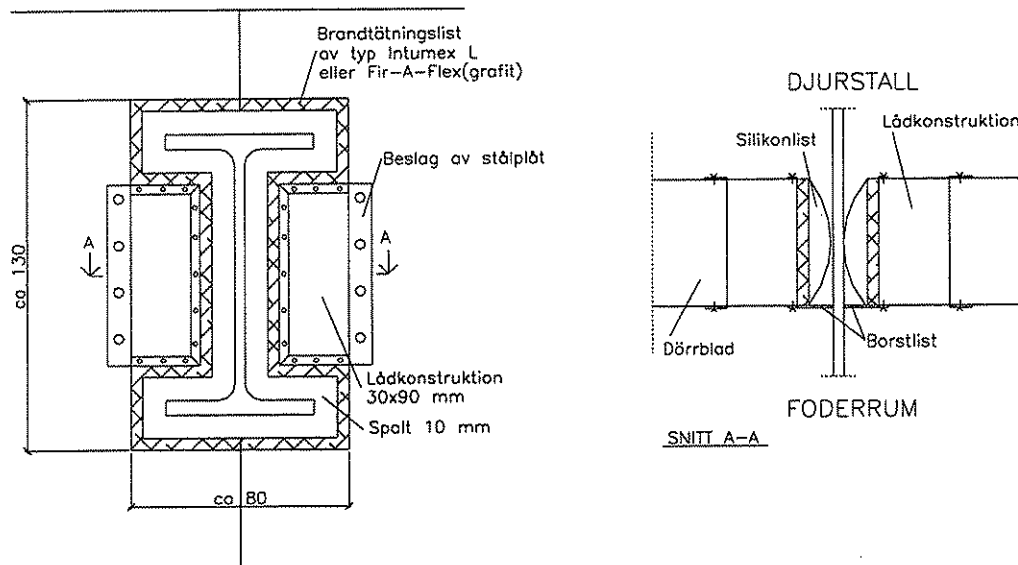
För att förbättra tätheten kan följande utformningar tillämpas. Likt dagens lösningar görs en ursparning i dörren, alternativt dörrkarmen, formad efter I-balken. Utmed ursparningens insida monteras en brandtäningslista av typ Intuflex 957 eller Intumex L, se bilaga 3 och 4. Arbetet kan underlättas genom att listan, före montage, appliceras på en plåt, bockad efter ursparningen. För bästa täthet bör plåten fräsas in i dörrbladen, där den infästs. 3 mm plåttjocklek har tillräckligt god stabilitet. Listerna kommer att bli utsatt för stort slitage. För att minska slitaget då dörren öppnas och stängs ordnas ett spel på några millimeter mellan I-balken och ursparningen (Sandgren, 1997). För att ytterligare förbättra tätheten föreslås en släpplista, monterad på en sida om dörren alternativt båda sidorna, figur 30.



Figur 30. Ursparning för I-balk med tätningslister
(Efter Sandgren, 1997; Zackrisson, 1997).

En liknande lösning är att i branddörren, alternativt ovanför, göra ett hål med storleken avpassad till vald I-balk. För IPE 120 kan ett hål med måtten ca 80×130 mm vara lämpligt. Utmed I-balkens liv monteras en ram, förslagsvis i plåt. Ramens djup görs något längre än dörrens bredd. Inuti ramen placeras de bortsågade delarna av dörren. För IPE 120, är måtten ca 30×90 mm, se figur 31. Tre av ramens kanter viks runt de lösa dörrbitarna och skruvas eller poppnitas fast. Ramens sista kant viks runt dörrbladet eller öppningen. Även den skruvas eller poppnitas fast. Skruv och poppnit måste vara i stål för att klara de höga brandtemperaturerna. Hålet har nu fått formen av en I-balk, utmed vilken brandtätningsslister monteras med skruv eller poppnit. Listerna kan vara av typ Intumex L eller Intuflex 957 (Zackrisson, 1997; Sandgren, 1997)

Kumm (1997) föreslår att I-balkens övre fläns monteras med fast kontakt till dörrkarmen, alternativt väggen. Tätningen underlättas eftersom denna sida av dörrkarmen inte behöver tätas. Vid upptagning av hål uppstår ojämnheter. Därför bör en springa av 10 mm lämnas mellan I-balk och tätningslisten. Springan kommer medge passagen av brandgaser. För att i möjligaste mån undvika detta, kan en mjuk gummilista av silikon monteras utmed brandtätningsslisten, alternativt en borstlista på dörrbladets/öppningens ena sida. Borstlista med aluminiumprofil kan accepteras. Profilen förstörs vid 650°C men vid denna temperatur har brandtätningsslisterna erhållit full expansion och tätar runt I-balken.



Figur 31. Håltagning för I-balk (Efter Zackrisson, 1997).

Täthet mot brandgaser avgörs, enligt Zackrisson (1997) av tiden det tar för brandtättningslisterna att uppnå expansionstemperatur 100-150 °C. Med minsta möjlig spalt runt I-balken samt eventuellt komplettering med borstlist eller släplist av gummi erhålls bättre förutsättningar. Genomföringen måste vid jämna mellanrum ses över och slitna lister bytas.

Zackrissons (1997) förslag med håltagning och stålram är en något mer tidskrävande än ursparningen. Frågan är även hur väl konstruktionen kan motstå tryck utan att rubbas ur sitt läge. Bäst är att, så långt det är möjligt, ha en intakt konstruktion med få "lösa" delar.

Spaltvidden mellan dörr och I-balk avgör kallrasets storlek samt mängden kondens och is. Isbildningen påverkar inte tätningsmaterialet negativt men bidrar till ökad risk för brandgasspridning (Sandgren, 1997; Zackrisson, 1997). En väl fungerande konstruktion kräver ett noggrant utfört arbete.

Värmeledning via I-balken är möjlig men brandtättningslisterna erhåller i expanderat tillstånd en viss isolerande förmåga och får anses vara bättre än dagens gummiläppar. Ytan med vilken brandtättningslisterna sluter mot I-balken är bredare än gummiläpparna. För att fastställa brandklass och eventuell värmeledning krävs att konstruktionen genomgår brandprovning.

En grov uppskattning av materialpriserna för de båda förslagen är ca 150 kr för ursparning och ca 200 kr för håltagning. För att underlätta böckning av plåten för ursparningen kan pressverktyg användas. Då detta är en kostsam process krävs massproduktion för att få ner priset.

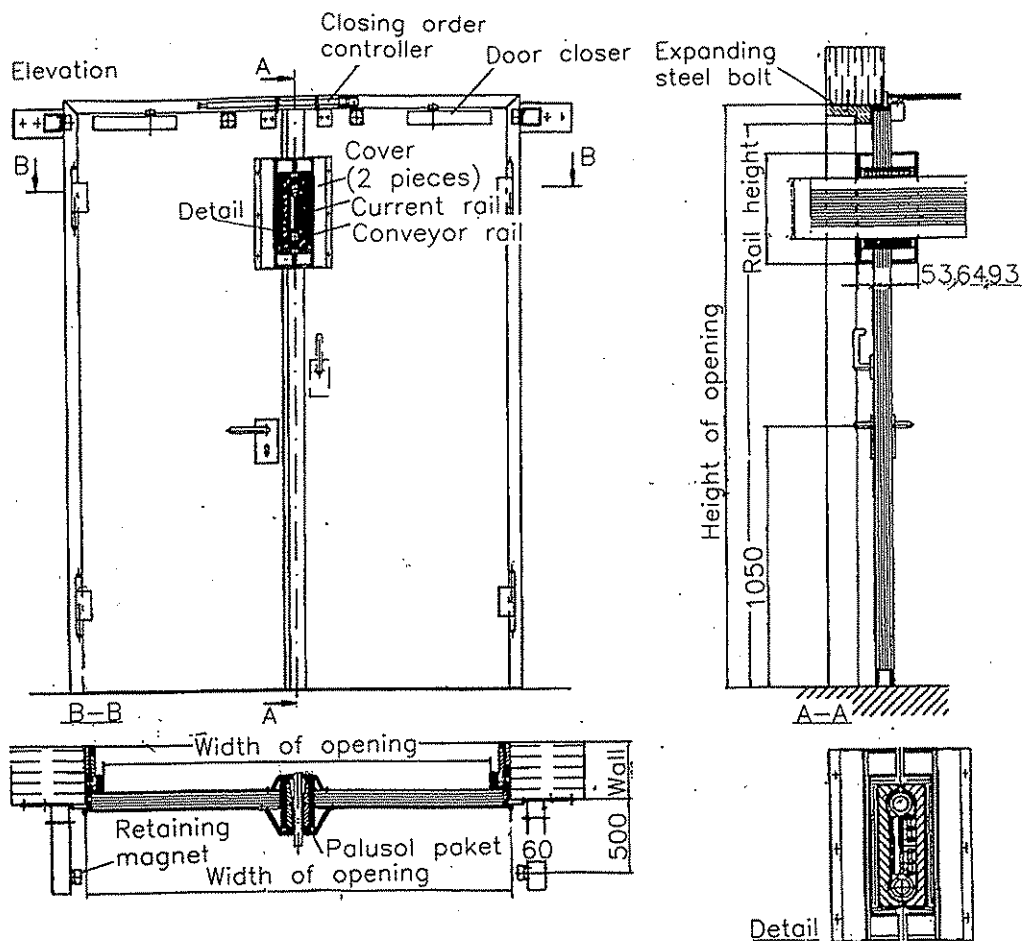
De beskrivna förslagen är väl lämpade för så väl nybyggnad, ombyggnad som komplettering i befintliga byggnader. Behovet av att anlita montör och elförsörjning finns inte. Huvuddelen av kostnaderna står listerna för, bilaga 3 och 4. Övrigt material samt verktyg antas finnas på gården.

Dörrmanschett

Brandprovningstinstitutet Braunschweig i Tyskland har tillsammans med företaget Stöbich tagit fram en tätningsprodukt för I-balkar. Den går under namnet Electric monorail conveyor system. Produkten består av en manschett, vilken monteras på branddörren av plåt eller trä. Ett rektangulärt hål tas upp i dörren, avpassat för aktuell I-balk, runt vilken manschetten monteras. Manschettens insida, bestående av brandtätningsmaterialet Palusol, anpassas med fräs efter önskad profil, se figur 32. För att minska slitaget på tätningsmaterialet samt erhålla en smidig öppning och stängning, monteras manschetten med en spel på 3-4 mm mellan dörr och I-balk. Litet spel är bra även ur kallrassynpunkt. Efter många försök konstaterades att 3 mm var den minsta spalt, som var möjlig för att kunna öppna dörren (Visser, 1997). För att fungera måste dörrarna stänga i en viss ordningsföljd.

Vid en temperatur på 70-80 °C börjar brandtätningsmaterialet expandera. Materialet ökar sin volym ca 8 gånger och tätar därmed runt I-balken. För att begränsa värmeledning via I-balken görs manschetten utkragande på var sida om dörren. Manschetten ges en längre utkragning på den sida som förutsätts bli brandutsatt.

Manschetten uppfyller brandklass T 90 i Tyskland, vilket motsvarar EI 90 i Sverige. Hela konstruktionen med branddörr och manschett erhåller dörrens brandklass, EI 60. Den är godkänd utomlands men inte provad i Sverige och därför inte typgodkänd (Visser, 1997). Palusol klarar en temperatur på 1100 °C i ca 90 minuter samt uppfyller det nya kravet att temperaturen inte får överstiga 140°C på icke brandutsatt sida. Den utsatta miljön i lantbruket utgör inget problem för konstruktionen. Tätningsmaterialet är inte hygroskopiskt och har näst intill obefintligt behov av underhåll.



Figur 32. Dörrmanschett enligt Previs (Efter Visser, 1997).

Priset för dörrmanschetten är ca 25000 kronor. Dyr provning och höga utvecklingskostnader är orsaken till det höga priset. Konstruktionen i sig är intressant och går att dra lärdom av, bl.a. den utkragande delen som minskar värmeledningen. För närmare studier finns, den hittills enda manschetten i Sverige, att beskåda på Volvo i Skövde (Visser, 1997).

Vikbar räls

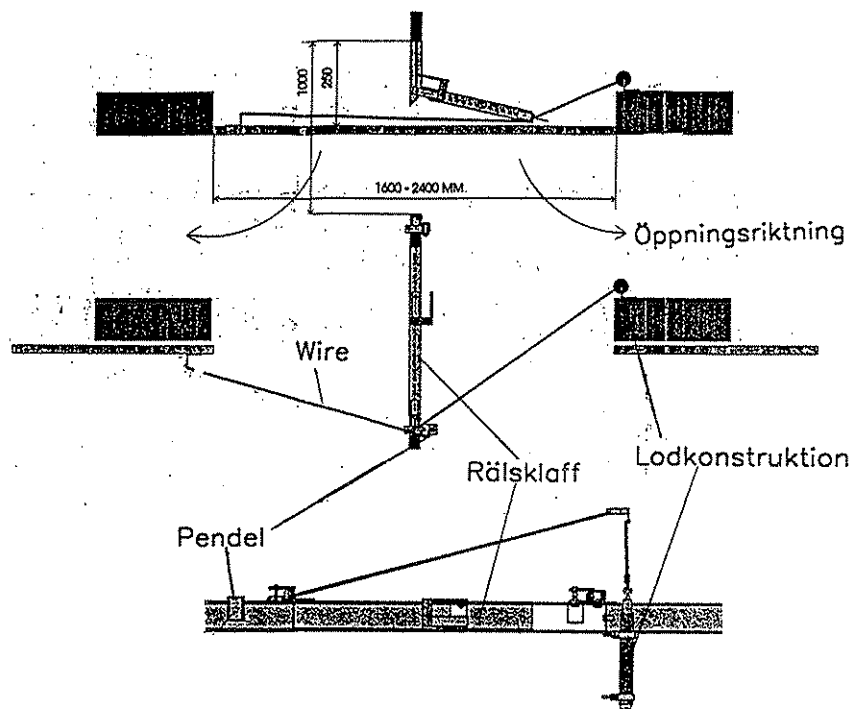
Vikbar räls bidrar inte till spridning av varken brand och brandgaser eftersom rälsen inte genombryter branddörren. I figur 33 visas arbetsprincipen. När dörren till stallet öppnas förs rälsklaffen i läge med hjälp av ett stag monterad till dörren eller en wire kopplad till en lodkonstruktion, fastsatt i väggen. Klaffen ansluts med hjälp av en pendel i den fasta rälsdelen. När dörren stängs lyfts pendeln och klaffen viks undan. I stängt läge fungerar pendeln som ett avåkningsskydd, vilket säkerställer att vagnen inte kan köra av rälsen. Klaffens längd är ca en meter.

För att klara belastningarna och erhålla en stabil konstruktion monteras rälsen fast på en ovanliggande I-balk, vilka fungerar som en avvaxling, se figur 34 . (Larsson, 1997; Fritz, 1997)

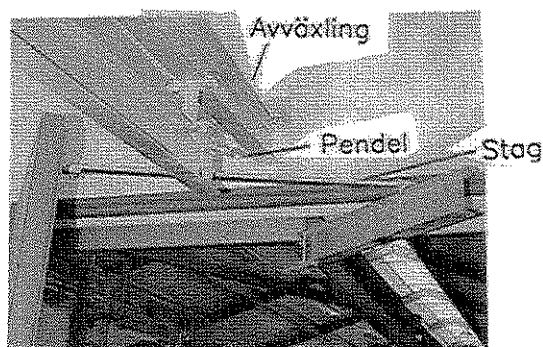
Systemet med rälsklaff gör dörren något tyngre att öppna och stänga och är därför främst avsedd att användas på slagdörr, av typ dubbeldörr. Det går även att anpassa den för enkeldörrar och skjutdörrar. Fördelen med dubbeldörr är att den ena dörrhalvan kan fungera som gångdörr utan att rälsklaffen behöver anslutas. Villkoret är att dörrbladen öppnas i en viss turordning. Monterad på enkeldörr, ger vikbar räls en tunghanterad konstruktion. Personen som stänger skjutdörren måste se till att den verkligen stängs annars förmår brandgaserna smita förbi mellan dörrblad och dörrkarm. Som regel avgör fodervagnens bredd valet av dörr. Bredden för en fodervagn är ca 1,3 m. Vanligast är dubbeldörr. Rälsklaffen fungerar för såväl manuella som automatiska dörrar.

Varje gård kräver sin egen lösning och bör därför inte monteras av lantbrukaren själv utan av montörer utsedda av leverantören av vikbar räls. Enligt Larsson (1997) och Fritz (1997) kan konstruktionen monteras under pågående drift och infästning av klaffen kan ske i både trä och ståldörrar. Det är en konstruktion med lång livslängd med lite byten av förbrukningsartiklar.

Det finns olika fabrikat av vikbar räls. Nämnas kan Rälssystem 120 kompakt, konstruerad av Larsson (1997), figur 33, och Rälsklaff i branddörr av Fritz (1997), figur 34. Priset för Rälssystem 120 kompakt är i dagsläget ca 2400 kr exklusive infästning.



Figur 33. Rälssystem 120 kompakt (Efter Larsson, 1997).



Figur 34. Rälsklaff i branddörr (Fritz, 1997).

Vikbar räls är en enkel och lätthanterlig lösning som går att automatisera. Dörrens öppnings- och stängningsanordning kan lösas med exempelvis en carportöppnare utrustad med en elektrisk motor. Konstruktionen kan monteras vid ny- och ombyggnad. I befintliga stallar måste rälsklaffen anpassas till den befintliga rälsen. I en del fall kan det vara enklare att tillämpa brandfallucka, beskriven nedan. Problem med kondens, isbildning, kallras och värmeledning uteblir med vikbar räls.

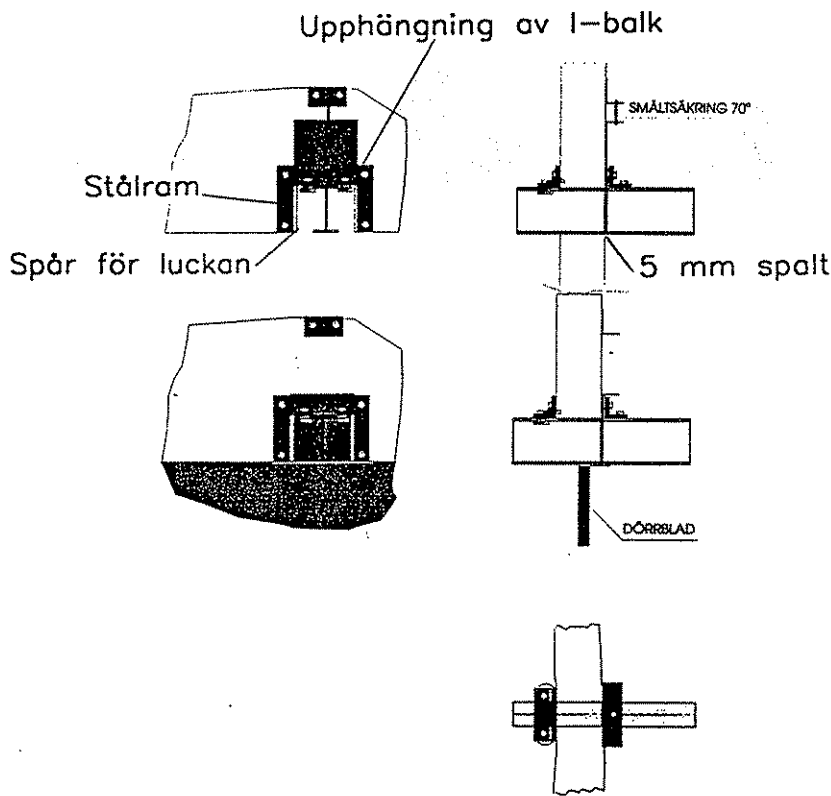
Konstruktionen behöver inte brandprovas då det är branddörrens brandklass som avgör. Bra brand- och brandgastäthet hänger på valet av branddörr. Eventuella otätheter beror på dörrens funktion och montering. För att erhålla fullgott brandskydd bör branddörren utrustas med magnetkontakter kopplade till en detektor för värme eller brandgas (Kumm, 1998). Den mänskliga faktorn kan göra det svårt för lantbrukaren att vara på plats för att stänga dörren vid brand. Sker utfodring automatiskt är det inte säkert att lantbrukaren ens befinner sig i närheten.

Brandfallucka

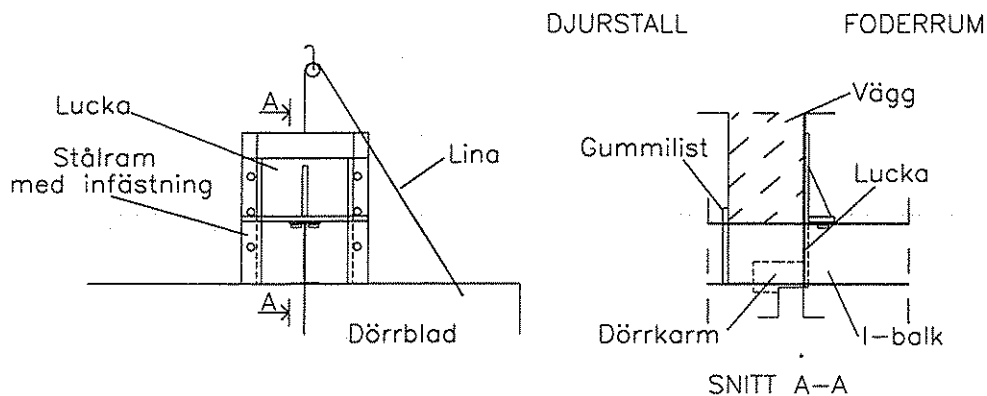
Ett annat sätt att lösa rälsgenomgång är Brandfallucka IPE 120, konstruerad av Larsson (1997). I dörrkarmen ovanför branddörren görs ett hål med måtten ca 30 × 150 mm. Runt hålet, på var sida om väggen, monteras en stålram med funktion att bära I-balken och fungera som spår för falluckan. I-balken kapas i genomgången av hålet och monteras med ett spel på 5 mm. Falluckan, i metall, monteras på den mot branden vända sidan och fästs med en smältsäkring ovanför stålramen, figur 35. Säkringen kommer att utlösas vid 70 °C med följd att luckan faller ner mellan I-balksdelarna. Därmed förhindras brand- och rökspridning.

Alternativet till smältsäkring är att mellan lucka och dörrblad fästa en nylonlina. Larsson (1997) rekommenderar en nylonlina med diameter på 3-4 mm. Varje gång dörren öppnas lyfts luckan och frilägger I-balken, se figur 36. Övertrycket som uppstår vid brand skulle eventuellt kunna lyfta luckan men detta är enligt Larsson (1997) inte troligt. För att förhindra problem med kallras monteras en gummilist tillklippt för att passa runt I-balken, på stallsidan.

Priset för en brandfallucka är ca 700 kr exklusive infästning. För infästning i trävägg rekommenderas fransk bult och för betongvägg expanderbult (Larsson, 1997).



Figur 35. Brandfallucka med smältsäkring (Larsson, 1997).



Figur 36. Brandfallucka med nylonlina (Efter Larsson, 1997).

Innan brandgaserna uppnår 70 °C kan falluckan med smältsäkring tillåta brandgaser att smita förbi gummlisten, vidare in i stallet. Det är viktigt att trasiga gummlister byts ut. Gummlisterna är inte helt täta. Detta kan ge problem med kondens, kallras och isbildning vilket försämrar listens täthet. Glappet mellan lucka och stålramens spår måste avpassas. Det skall vara tillräckligt stort för att erhålla friktionsfri rörelse men ändå så liten att brandgasspridning förhindras.

Brandfallluckan kan lantbrukaren själv montera i såväl nya som befintliga byggnader. Produkten kan på vissa gårdar vara svår att använda då det krävs tillräcklig höjd över dörrkarmen.

Aktivt brandskydd

För att så långt det är möjligt undvika inblandning av den mänskliga faktorn i brandskyddet, kan aktiva brandåtgärder tillämpas. Till dessa räknas bl.a. magnetkontakter och larm. Magnetkontakter monteras på dörrar, portar och luckor. Brand indikeras av detektorer som bryter strömmen till magnetkontakterna. Detektorerna kan ha avkännare för värme eller brandgaser. Värmedetektorer larmar "det har brunnit och "brandgasdetektorer "snart kommer det att brinna" (Kumm, 1997). Detektorerna är känsliga för lantbruksmiljön med damm, fukt och ammoniak. För att klara lantbruksmiljön med mycket damm, fukt och ammoniak kan ett samplingssystem installeras. Systemet är uppbyggt av en fläkt monterad till ett perforerat rör som suger in luft från omgivningen och för den vidare till en detektor. Luften passerar ett filter som avskiljer brandgaserna från bl.a. damm. Hur väl filtret kan avskilja nitrösa gaser som ammoniak är inte helt kartlagt. När brandgasdetektorer indikerar brand larmar systemet. För att uppmärksamma lantbrukaren på larmet kan en larmklocka monteras utomhus. Samplingssystemet kan vidarekopplas till räddningstjänstens larmcentral och är främst intressant för gårdar lokaliserade nära räddningstjänsten. Systemet talar även om för lantbrukaren när filtret måste bytas. Tiden innan filtret sätts igen, beror på miljön.

Magnetkontakter kan kopplas samman med samplingssystemet. När brand indikeras bryts strömmen med följd att dörrar, portar och luckor stängs. Enklare konstruktion är magnetkontakter kopplade till belysningen. När lampor släcks bryts strömmen. Ett enklare sätt kan vara att byta ut larm och detektorer mot fotoceller, monterade till luckor och dörrar. Om fotocellen sammankopplas med en varningslampa kan lantbrukaren bli uppmärksam på att dörrar och luckor står öppna. Varningslampan bör monteras vid den utgång lantbrukaren använder vid avslutat arbete. (Kumm, 1997)

Prisvariationen för samplingssystemet beror på hur många sektioner systemet delas in i. För en respektive två sektioner ligger priset på 17000-25000 kr exklusive perforerat rör. En larmklocka för utomhusbruk kostar ca 600 kr. Priset för en magnetkontakt är 550-600 kr/st. Alla priser är exklusive moms.

DISKUSSION

Ökad mekaniseringsgrad har lett till annan form av brandbelastning än tidigare. Minskat antal anställda, tillsammans med ökad mekanisering bidrar, till att den kontinuerliga kontrollen och underhållet av brandskyddet minskar eller inte hinns med (Andersson, 1997;

Ögren, 1997). Det är inte alltid åtgärder som att tätta runt foderrör i vägg och byta trasiga detaljer, blir utförda utan kan "glömmas" bort. Den allmänna åsikten hos bl.a.

Länsförsäkringar är att det slarvas en hel del med utförande och skötsel av genomföringar. Åtgärder med direkt synbara effekter i det dagliga arbetet, prioriteras. Brandskydd fyller som regel ingen aktiv funktion i det dagliga arbetet. Det är först när branden är ett faktum som effekterna av ett bra brandskydd visar sig.

Branden kostar inte bara pengar utan även mycket lidande, långa driftstopp m.m. Den som en gång har drabbats av brand och känt dess verkningar, har ofta en högre motivation till att bygga upp ett väl fungerande brandskydd. Argument mot förbättringar är ofta kostnaden för investeringar som man inte direkt kan se någon vinning av. Lantbrukaren får idag inga bidrag för att förbättra brandskyddet. Det starkaste styrmedlet för brandskyddsförbättrande åtgärder anges vara premiesänkningen men detta anses inte alltid vara tillräckligt, enligt Sjöbäck (1997). Acceptansen för alltför kostsamma ingrepp är därför låg och dessa undviks in i det längsta (Lindblom, 1997; Sjöbäck, 1997). Försäkringsbolagen försöker få lantbrukare att förbättra brandskyddet. De påtalar och rekommenderar brandsektionering men kan inte kräva det.

Djurstall skall utformas som en enskild brandcell. Målet för projektören och byggherren är att göra brandavskiljande konstruktioner täta mot brand- och brandgaser. Full täthet erhålls endast med en intakt byggnad. En brandcell kan dock inte vara hermetiskt tillsluten. Luft måste tillföras och öppningar som dörrar och fönster går inte att undvika. Det är vanligt att öppningar står öppna. Dels för att underlätta det dagliga arbetet och dels för att de glöms öppna.

Vilka otätheter som mest bidrar till brand- och brandgasspridning avgörs idag utifrån erfarenheter och antaganden som är gjorda av personer insatta i problematiken lantbruk och brand. Störst problem anses genomföringar utgöra. En dåligt tätad genomföring kan vid brand bidra till spridning av giftiga brandgaser till stallet, med livshotande förhållanden som följd. Av de studerade genomföringarna: foderrör, hönedkast och rälsgenomgång är den sistnämnda den som troligtvis orsakar störst skada och därför viktigast att finna lösningar på.

Noggrann projektering och dimensionering av det byggnadstekniska brandskyddet kan, med rätt funktionskrav spara pengar och tid i byggnadsskedet. Naturligtvis rädda liv och egendom, den dag branden inte går att undvika (Andersson, 1993). Brandskydd bör naturligt ingå som en del i projekteringsprocessen. I ett tidigt skede bör berörda parter som försäkringsbolag, brandmyndigheter, Jordbruksverket m.fl. få möjlighet att lämna synpunkter. För att bättre kunna tillvarata kunskap och erfarenhet bör ett större utbyte mellan brandkonsultföretag, leverantörer av lantbruksprodukter, projektörer av lantbruksbyggnader, försäkringsbolag m.fl. samordnas. Leverantörer, som bidrar till att genomföringar måste utföras borde känna ett större ansvar för att brandskyddet kring dessa förbättras. Det kan gälla foderrörstillverkare, rälstillverkare m.fl. I dag är det lätt att det blir lantbrukarens sak att lösa brandskyddsproblematiken, exempelvis vid montage av räls.

Trots att det sunda förnuftet ofta fungerar som ett bra rättesnöre enligt Håkansson (1997) är expertkunskap inom området "genomföringar" ett nödvändigt inslag. I slutändan är det rätt lösning för rätt ändamål med rätt placering som gäller.

För de flesta lösningsförslag givna av brandkonsultföretag, önskar dessa att använda detektorer kopplade till brandlarm. Att rekommendera lantbrukare att genomgående installera larm och detektorer, är i dagsläget inte relevant. Lantbruket är ännu inte moget för detta steg fullt ut. Höga kostnader och bristande funktionsduglighet med avseende på lantbruksmiljön är de stora svagheter hos system med detektorer och larm. Med fortsatt utveckling kan jag tänka mig att det inom en relativt snar framtid blir mer vanligt med larm och detektorer. Gårdar blir större, med fler djur, mer automatik och fler anställda. Likheten med industrin ökar. Mer kunskap om brandskydd överförs till lantbruket. Högre krav på brandskydd, kontroll och ordning och reda blir då ett måste.

För att inte äventyra funktionen hos de brandavskiljande konstruktionerna måste de utföras med stor noggrannhet. Att avgöra vilken av de föreslagna lösningarna som är bäst, är svårt. Rådande omständigheter, kostnader, premier, anpassbarhet m.m. påverkar valet. Varje fall måste betraktas utifrån sina förutsättningar. Generellt för lösningarna är att de borde genomgå en standardiserad provning för att fastställa täthet, brandmotstånd och deras funktion i det dagliga arbetet och efter flera års användande. En sammanfattning av vad som framkommit genom inventering av konstruktiva lösningar samt försök är följande:

- Skötsel, underhåll och attityder

Det hänger mycket på människan om problem med genomföringar någonsin ska kunna lösas. Attityder är svårt att ändra men går om man verkligen vill. Det handlar om motivation. Hjälp för dem som inte lyckas ändra sitt beteende kan vara det aktiva brandskyddet med magnetkontakter och larm. Magnetstängare kostar en del men ger en god säkerhet vid brand. I större byggnader med hög produktion och fler anställda är magnetstängare att rekommendera för att försäkra sig om att öppna dörrar, luckor och portar stängs. Detsamma gäller larmsystem. En trygghet som snabbt gör lantbrukaren varse branden och därmed snabbare kan påbörja räddningsinsatsen av djuren.

Människan går dock inte att helt ersätta trots installerade detektorer, magnetkontakter och larm. Regelbundet underhåll av avskiljande konstruktioner med genomföringar, dörrar, luckor, portar m.m. krävs. Det bör ingå i gårdens övriga skötselrutiner. God ordning och reda minskar också risken för brandtillbud.

Att tvinga någon till att förbättra, är ingen hållbar lösning. För att förbättra brandskyddande åtgärder och kontinuerligt underhåll krävs förståelse. Ett sätt att "öppna ögonen" på lantbrukaren kan vara att via ett protokoll fastställa statusen på genomföringarna. Detta protokoll skulle kunna nyttjas av försäkringsbolagen. Protokollet skulle kunna komplettera Länsförsäkringars checklista till "Din gårds säkerhet".

- Foderrör

Väl monterade foderrör med god täthet från inlopp till utlopp samt i skarvar har goda förutsättning att hindra brandgaser in till stallet. Funktionsdugligheten avgörs främst av utförande och montage av foderrör.

Foderrör i plast är att föredra framför stålrör på grund av minskad risk för värmeledning som åstadkoms av stålröret, skruven och kedjan m.m. För bättre täthet i avskiljande konstruktioner bör manschetter monteras runt plaströr. De förväntas även isolera mot värmeledning.

Då manschetterna idag inte har provats på foderrör uppmanar jag lantbrukarna att isolera foderrör av stål med stenullsmatta för att åtminstone hindra värmeledningen.

- Luckor

Om höluckor och branddörrar uppfyller kraven på EI 60 och i stängt läge tätar ordentligt mot bjälklag och dörrkarm är det övergripande problemet deras handhavande. Alla dörrar, portar och luckor ska vara stängda när de inte används, punkt slut!

Trålucka

Till skillnad från en skjutlucka sluter en gångjärnsförsedd bjälklagslucka omedelbart tätt i stängt läge. Den gångjärnsförsedda luckan faller igen på grund av sin tyngd medan lantbrukaren måste försäkra sig om att skjutluckan verkligen befinner sig i stängt läge.

Skullgluggslucka

Skjutluckans stora fördel är att den på ett smidigt sätt kan öppnas från två håll, ovan och under bjälklaget. Valet av lucka blir efter vad som anses bäst och givetvis priset.

Jag anser att trålucka är den konstruktion som är att rekommendera då den med hänsyn till brandgastäthet och prismässigt uppfyller funktionskraven bäst.

- Rälsgenomföringar

Denna typ av genomföring kräver inte bara ett väl utfört montage utan även stor del kontinuerligt underhåll. Konstruktionen med räls innefattar brandskyddsproblemen från både foderrör och luckor, dvs brandgastätheten, värmeledningen och den mänskliga faktorn. Därför klassas denna genomföring som den som har störst betydelse ur brandgasspridningssynpunkt.

Vid försök, uppmättes ett fyrdubbelt flöde runt en I-balk, jämfört med en längsgående spalt med samma vidd. Genomföringen genombryts av en god värmeledare, I-balken, som kan bidra till en sekundär brand i stallet.

Rälsgenomföring bör av dessa orsaker helst undvikas. Om inte, bör spalten mellan I-balk och tätande material, som dörr och lister göras så liten som möjligt och värmeisolerar.

Ursparning/håltagning/dörrmanschett

En branddörr med hål eller ursparning för räls, bör kompletteras med brandtätningsslistor utmed dörrbladets insida. Listerna expanderar och kan troligen minska I-balkens bidrag till värmeledning. Lösningar av detta slag är att rekommendera då hål redan är gjorda i branddörr.

För att förbättra konstruktionen ursparning/håltagning mot värmeledning bör de utformas enligt principen för dörrmanschett, se figur 33. För att dessa lösningar ska övervägas krävs att den befintliga branddörren är i ett bra skick, dvs tät och uppfyller brandklassen EI 60. Viktigast är tätheten nära taket. En otät dörr bör snarast bytas. Då bör vikbar rälsklaff övervägas.

Vikbar räls

Vikbar räls är en lösning som bör väljas framför de andra konstruktionslösningar, vid ny- och ombyggnad. En lösning som förutom god brandgastäthet även förhindrar kallras och värmeledning via I-balken. Denna lösning kräver ingen komplettering med tilläggsmaterial av till exempel tätningslistor.

Om vikbar räls används återstår problematiken kring tätning av själva branddörren vilket inte får förbises.

Brandfallucka

Fallucka är en bra lösning när det redan finns hål för I-balken ovanför dörren. De idag monterade gummilisterna behöver inte slängas utan kan komplettera falluckans täthet.

Vikbar räls är jämfört med ursparning/håltagning och brandfallucka en dyrare konstruktion. Trots detta vill jag rekommendera den eftersom det är den enda lösning som både funktions- och brandskyddsmässigt har möjlighet att få de brandavskiljande konstruktionerna att uppfylla 60 minuters täthet och samtidigt undvika värmeledning och kallras.

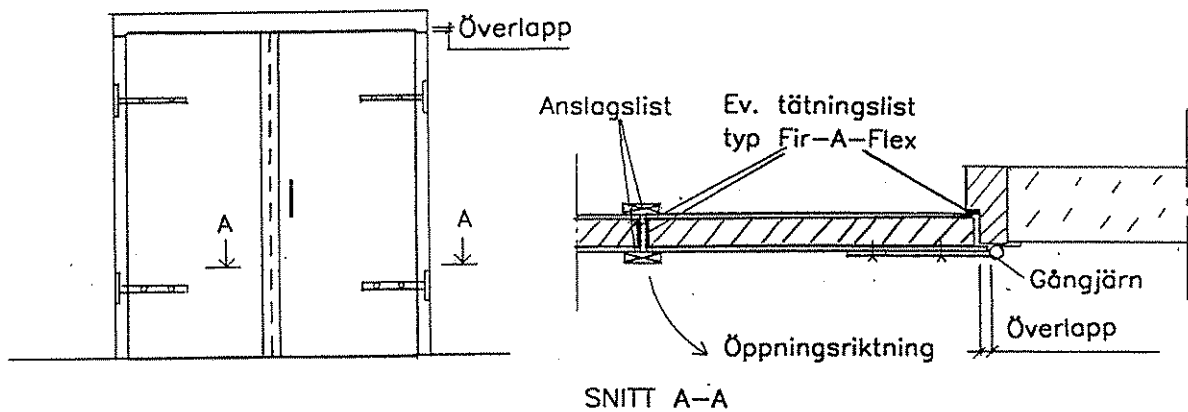
• Branddörr

Eriksson & Månsson (1982) undersökte branddörrars funktion efter en tids användning. Skador orsakade av bl.a. påkörning ledde till skador på både karm och infästning. Dörrbladet utsätts för mer slitage än karmen på grund av torsionsbelastningar som uppstår när dörren öppnas och stängs.

En viss skevhet kan uppstå och ge upphov till springor mellan dörrblad och mellan karm och dörrblad. Dörrens täthet blir något sämre. Ungefär en tredjedel av de studerade branddörrarna konstaterades ha för stora springor.

Enligt BBR 94 (Boverket, 1994a) skall dörrar, luckor och portar till eller i utrymningsvägar vara självstängande. En rekommendation som eventuellt bör övervägas även för ekonomibyggnader. Branddörr utrustad med kolv gör att dörren har möjlighet att behålla sitt läge och inte öppnas av brandens övertryck (Wengelin, 1998).

En tät genomföring får mindre betydelse om branddörren i sig är otät. Eventuellt skulle gastätheten hos branddörr kunna förbättras om den förses med extra anslagslister vid dörrbladsmötet. Upptill och utmed dörrens sidor bör dörrbladets ena sida överlappa karmen med ca 20 mm likt Lindbloms (1997) trälucka, se figur 27. En tätningslist av typen Intuflex 957 kan vara en ytterligare åtgärd, se figur 37. Brandgaserna värmer upp tätningsmaterialet, som expanderar och ger ytterligare täthet runt dörren.



Figur 37. Kompletterad dörrtätning (Sandgren, 1997; Zackrisson, 1997)

Tiden innan brandgaser börjar strömma in i stallet anger hur lång tid genomföringarna med deras tätningar har på sig att uppnå full täthet (Ventorp, 1985). Det varierar från brand till brand. Idag provas inga genomföringar, använda i lantbruket (Hermodsson, 1997; Stjernered, 1997). På sikt skulle en provning öka medvetandet så att rätt krav ställs. Några parametrar som bör fastställas är att vid olika tryckskillnader bestämma brandgasmängden genom genomföringarna, värmeledning via I-balk och foderrör, brandklass, funktionen av olika brandtätningsmaterial i kombination med genomföring m.fl. Funktionen som helhet är viktig att studera men även de ingående materialens motstånd mot brand. Till hjälp finns SITAC:s godkännandelista att tillgå. En positiv effekt av provning är att tilltron till konstruktionslösningar och produkter, anpassade till lantbruket ökar, med möjlighet att nå utanför lantbruksmarknaden. Lösningar anpassade för lantbruket kan finna andra användningsområden, inom exempelvis industrin. Lantbruket inrymmer olika former av industrimiljöer i samma byggnad. Den fuktiga, den torra och den våta miljön går att finna på våra gårdar.

Enligt Lindblom (1997) är det i princip bara pappersindustrin som det inte går att finna någon motsvarighet till. Järnindustrin är en industrigren som i grova drag kan jämföras med gårdens verkstad.

Kunskap om brandgasspridning i foderrör, genom hönedkast och rälsgenomföringar är i dagsläget alltför bristfällig för att fullvärdiga lösningar skulle kunna erhållas. Till exempel har ingen hittills studerat brandgasrörelse inuti foderrör och runt rälsgenomföringar. Brandgasers rörelse i byggnader och byggnadsdelar är en relativt ny forskning. Hur mycket brandgaser förmår till exempel passera genom en genomföring innan monterade brandtättningsmaterial uppnår ca 100 °C, med påföljande expansion? Hur väl tätar materialen mot en I-balk samt runt luckor och foderrör? Hur länge håller de tätt? Kan tättningsmaterialen minska värmeledningen? Utgör de i rapporten berörda genomföringarna: foderrör, hönedkast och rälsgenomföringar, de verkligt stora riskerna för spridning av brandgaser? Finns det andra otätheter som är lika farliga eller än värre? Kan bättre statistik erhållas från brandplatsundersökningarna om vilka genomföringar som varit de största brandgasspridarna till djurstallet.

TACK

Ett varmt tack vill jag rikta till min handledare professor Christer Nilsson, för vägledning och givande kritik under arbetets gång. Tack riktas även till mina uppdragsgivare, som bl.a. hjälpt mig med problemformuleringen. Anställda på Länsförsäkringar, Hushållningssällskapen, Länsstyrelsen och brandkonsultföretag, runt om i Sverige, har varit mig behjälpliga dels med synpunkter samt redovisningar brandskyddet i dagsläget och förslag på brandförbättrande genomföringar.

Ett stort tack till Ingemar Baselius som hjälpt mig att konstruera och bygga min laborationsuppställning. Personalen på Ultunas bibliotek har gjort ett enastående arbete med att hitta all litteratur jag efterfrågat. Tack till min mor som korrekturläst arbetet. I en minst sagt ljudlig arbetsmiljö har äldre- och yngrestudenter förgyllt min tillvaro.

Tack till alla er andra som inte blivit omnämnda, men som funnits som stöd och bollplank.

LITTERATURFÖRTECKNING

- Alnor. 1994. *ThermoAnemometer Probe Model 175 Owners Manual*. Alnor instrument Company. USA.
- Alvarez, H. 1990. *Energiteknik, del 1*. Studentlitteratur. Lund
- Andersson, L. 1993. *Brandboken*. Gullfiber AB. Klippan.
- Andersson, P & Hällstorp, A. 1997. *Undersökning av förprovade stallar i Jönköpings län 1994-1995*. Länsstyrelsen, Jönköpings län. Jönköping.
- Backvik, B, Bengtsson, S, Fagerberg, T, Granberg, O, & Jensen, L. 1996. *En handbok om brandskyddsteknik för ventilationssystem*. Stockholm.
- Blomquist, J & Ventorp, M. 1981. *Brand i en lantbruksbyggnad - Ett fullskaleförsök*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för byggnadsteknik. Specialmeddelande 108. Lund.
- Borg, S. 1989. *Brandavskiljande väggar och bjälklag m.m.* Lantbruksstyrelsen, Byggnadsenheten. Jönköping.
- Boverket. 1988. *Nybyggnadsregler - Föreskrifter och allmänna råd, (NR), BFS 1988:18*. Boverket. Stockholm.
- Boverket. 1994a. *Boverkets Byggregler 94 (BBR 94) - Föreskrifter och allmänna råd, BFS 1993:57*. Boverket. Stockholm.
- Boverket. 1994b. *Boverkets Konstruktionsregler 94 (BKR 94) - Föreskrifter och allmänna råd, BFS 1993:58*. Boverket. Stockholm.
- Boverket. 1995. *PBL, PBF, BVL, BVF*, upplaga 5:4. Karlskrona.
- Bra Böcker. 1990. *Nationalencyklopedin*. Höganäs.
- Brandsjö, K. 1986. *Brandorsakslära*. Svenska Brandförsvarsföreningen. Stockholm.
- Butcher, E.G & Parnell, A..C. 1979. *Smoke Control in Fire Safety Design*. London.

- Byggnadsstyrelsen, KBS, Tekniska enheten. 1993. *Brandtätningar- Byggnadsstyrelsens information T:149*. Stockholm
- CEN. 1992. *Fire tests for building elements and components- Fire resistance testing of service installations- Part 3: Penetration Seals*. European Committee for Standardization, CEN. Brussels.
- Drysdale, D. 1985. *An introduction to fire dynamics*. Suffolk.
- Eriksson, A & Månsson, L. 1982. *Branddörrars funktion efter en tids användning*. Teknisk Rapport, Sp-rapp 1982:22. Borås.
- Garner, H. 1988. *Bränder i lantbruksbyggnader- Fem fullskaleförsök*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för lantbrukets byggnadsteknik. Specialmeddelande 151. Lund.
- Gottuk, D.T & Roby, R.J. 1995. Effect of combustion conditions on species production. *The SFPE Handbook of fire protection engineering*, section 2/Chapter 7. National Fire Protection Association. USA
- Gullfiber. 1994. *Brand -Teori, dimensionering och konstruktioner*. Broschyr B4-02, 1994-02. Billesholm.
- Gullfiber. 1996. *Rörisolering*. Broschyr T5-01, 1996-03. Billesholm.
- Gustafsson, H. 1990. *Brandsektionering i en lantbruksbyggnad - Ett fullskaleförsök*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för lantbrukets byggnadsteknik. Specialmeddelande 174. Lund.
- Gustafsson, H. 1991. *Gipsskivor i lantbruksbyggnader - Brandavskiljande konstruktioner*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för lantbrukets byggnadsteknik. Specialmeddelande 185. Lund
- Hamrin, G. 1994. *Byggteknik- del B: byggnadsfysik*. Göteborg.
- Hornák, J. 1987. *Översikt över metoder och produkter för tätning av genomföringar i brandcells begränsande byggnadsdelar*. Kungliga Tekniska Högskolan, Institutionen för byggnadsmateriellära. Examensarbete. Stockholm
- Hultqvist, S. & Persson, G. 1979. *Eld och brand*. Svenska Brandförsvarsföreningen. Stockholm.

- Hägglund, B. 1986. *Simulating fires in natural and forced ventilated enclosures*. Försvarets Forskningsansalt, FOA; rapport 20637-2.4. Stockholm.
- ISO. 1991. *Fire tests - Building materials - Non combustibility test, NT FIRE 001/ISO 1182:1990*. Geneve.
- ISO. 1992. *Fire-resistance tests - Elements of building construction - Part 1: General requirements for fire-resistance testing, NT FIRE 005/ISO 834-1*. International organization for standardisation. Geneve.
- ISO. 1993. *Fire - Full scale room test for surface products. NT FIRE 025/ISO 9705:1993*. Geneve.
- ISO. 1994. *Kvalitetssystem - Kvalitetssäkring vid konstruktion, utveckling, produktion, installation och service, SS-EN ISO 9001*. Stockholm.
- Jansson, I. 1989. *Brandskydd för jordbrukets byggnader*. Aktuellt från lantbruksuniversitetet 376. Uppsala.
- Jensen, L. 1993. *Spridning av rök och brandgaser i ventilationssystem*. Lund tekniska högskola, Institutionen för byggnadskonstruktionslära. Lund
- Johansson, S. 1997a. *Bränder i lantbruksbyggnader*. Jordbrukstekniska institutet, JTI, rapport 236. Uppsala.
- Jordbruksverket. 1993. *Statens jordbruksverks föreskrifter om djurhållning inom lantbruket m.m., SJVFS 1993:129*. Jönköping.
- Jordbruksverket. 1995. *Jordbruksverkets Bygg Råd. Handbok Ekonomibygnader*. Jönköping.
- Kronvall, J. 1980. *Air flows in building components*. Lund institute of technology, Division of building technology. Lund
- Lantbruksstyrelsen. 1990. *Lantbruksstyrelsens föreskrifter om undantag från förprovning av djurstallar m.m., LSFS 1990:44*. Jönköping.
- Nordtest. 1985. *Building products: Ignitability, NT FIRE 002*. Espoo.

- Nordtest. 1987. *Buildings products: Fire spread and smoke production - Full scale test, NT FIRE 030*. Espoo.
- Ondrus, J. 1996. *Brandteori*. Räddningsverket. Karlstad.
- SBF. 1983. *Tätningar för kablar och rör*. Svenska Brandförsvarsföreningen. Stockholm.
- SBF. 1995. *Lantbrukets Brandskydds Kommittés, LBK:s, rekommendationer*. Svenska Brandförsvarsföreningen. Stockholm.
- SBF. 1997. *Verksamhetsberättelse 1996*. Svenska Brandförsvarsföreningen. Stockholm.
- SFS. 1927. *Lag om försäkringsavtal, SFS 1927:77*. Stockholm.
- SFS. 1987a. *Plan- och bygglagen, (PBL), SFS 1987:10*. Stockholm.
- SFS. 1987b. *Plan- och byggförordningen, (PBF), SFS 1987:383*. Stockholm.
- SFS. 1988a. *Djurskyddslag, SFS 1988:534*. Stockholm.
- SFS. 1988b. *Djurskyddsförordningen, SFS 1988:539*. Stockholm.
- SFS. 1994a. *Lag om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk m.m., (BVL), SFS 1994:847*. Stockholm.
- SFS. 1994b. *Förordning om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk m.m., (BVF), SFS 1994:1215*. Stockholm.
- Svennerstedt, B. 1997. *Otätheter och spridning av brandgaser hos lantbruksbyggnader*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för jordbrukets biosystem och teknologi (JBT). Specialmeddelande 227. Lund.
- Sørby, K.M. 1984. *Branner i landbrukets driftsbyggnader i Norge - en analys av branner i perioden 1977-1981*. Norges Landbrukshøgskole, Institutt for bygningsteknikk. Rapport 203. Ås.
- Tekniska Nomenklaturcentralen, TNC. 1988. *Plan- och byggtermer 1989*. Stockholm.

Tengesdal, G. 1984. *Brannteknisk vurdering av innholdet i driftsbygningane*. Norges Landbrukshøgskole, Institutt for bygningsteknikk. Ås.

Ventorp, M. 1985. *Brandrisker inom lantbruket - Lantbruksbyggnaders brandbeteende och brandmotstånd*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för byggnadsteknik. Specialmeddelande 143. Lund

Personliga meddelande

Alstersved, B. 1998. Beijer Byggmaterial. Uppsala.

Andersson, C. 1997. Länsförsäkringar Skåne.

Andersson, M. 1998. Daloc. Töreboda.

Andersson, R. 1997 Skandia, Industridivisionen. Stockholm.

Eriksson, U. 1997. Länsförsäkringar Göteborg och Bohuslän.

Fritz, G. 1997. Fritz foderstyrning. Nässjö.

Hermansson, T. 1997. Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut. Borås.

Håkansson, R. 1997. Länsförsäkringar Göinge.

Jensen, L. 1997b. Lunds tekniska högskola, Institutionen för byggnadskonstruktionslära. Lund.

Johansson, L.E. 1997b. Rotage. Kvänum.

Kallstenius, A. 1997. Lantbrukets Brandskyddskommitté. Stockholm.

Kumm, M. 1998. Brandteknik. Västerås.

Larsson, E. 1997. Stallteknik. Bodafors.

Lindblom, S. 1997 Länsförsäkringar Gävleborgs. Gävle.

Sandgren, Å. 1997. KBS Brandskydd. Göteborg.

Sjöbäck, P.O. 1997. Länsstyrelsen i västra Götalands län. Skara.

Sohlberg, M. 1998. Brandteknik. Västerås.

Stagen, Nilad. 1997. Länsförsäkringar Halland.

Stjernered, B. 1997. Länsförsäkringar Älvsborg.

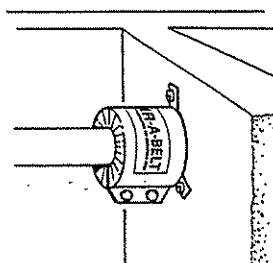
Sveaverken. 1997. Prislista. Eskilstuna.

Visser, Hans. 1997. Previs. Billdal.

Wengelin. 1998. Brandskyddinspektör Uppsala kommun. Uppsala.

Zackrisson, H. 1997. Silicone Trading. Västra Frölunda.

Ögren, L. 1997. Jämtlands Länsförsäkringsbolag. Östersund.

Produkt: KBS Pipe Seal, KBS Fir-A-BeltKBS System
Drottninggatan 15
411 14 Göteborg
Tfn: 031-13 82 50
Fax: 031-13 87 97

Funktion och krav: KBS Pipe Seal typ M är en tätning av plaströr som genombryter brandklassade väggar och bjälklag. Manschetten kan anpassas för rör med diameter upp till 400 mm. Den består av en tvådelad manschett som monteras runt röret, en på var sida om väggen där den bultas fast. Manschetten består av en stålhylsa inklädd med ett expanderande grafitmaterial. Beteckningen M anger att manschetten har en inbyggd mekanisk funktion som vid montaget aktiveras med sprintar och sluter kring röret. Den fungerar som en irisstjärna med funktion som en kameras bländare. När plaströret börjar mjukna, kring 80°C, klämmer irisstjärnan till ytterligare. När temperaturen stiger och uppnår ca 150-200 °C aktiveras den termiska delen hos manschetten. En liknande produkt utformad för strypning och brandtätning är BKS Fir-A-Belt. Även den är uppbyggd ett stålplåtshölje med invändigt monterat grafitmaterial. Denna plaströrsstrypare är avpassad för rördiameter på 32-160 mm. Till skillnad från Pipe Seal böjs manschetten runt röret. Grafitmaterialet i de båda produkterna börjar svälla och täpper till röret. Expansionen ger upphov till ett tjockt och hårt skum som slutligen fyller hela genomföringen. Den blir nu tät mot både brand och brandgaser. Skummet byggs upp av en cellstruktur som hindrar inerta gaser att passera manschetten.

Det finns specialmanschetter av Pipe Sealuppbyggnad. En kallas typ OSI. och monteras bara på en sida om väggen. För vinklade rör finns manschetterna typ M-AN för 90° böj, och M-DI med vinklar på 0-65°.

Montering och installation: Montaget kräver inga avancerade verktyg eller hjälpmedel. En bormaskin, en skruvmejsel och en penna är allt. Montering får, enligt SITAC, ske i väggar och bjälklag av betong, lättbetong, tegel, stålregelväggar med gips. Tjockleken hos väggen och bjälklaget bör vara minst 150 mm. KBS Fir-A-Belt måste monteras, en på var sida väggen medan det för KBS Pipe Seal räcker med en.

Underhåll: Inget behov.

Klassificering och provning: Som lägst uppfyller KBS Pipe Seal brandklassen EI 120 och för KBS Fir-A-Belt maximalt EI 180. Den slutliga konstruktionens brandklass avgörs av väggens utförande. KBS Pipe Seal är typgodkänd av SITAC och har numret 0149/90.

Produkterna provas både nationellt och internationellt. Den provas enligt ISO 834 (ISO,1992) men även enligt den nya europanormen prEN1366 (CEN, 1992). Enligt ISO 834 har KBS Pipeséal uppnått minst två timmars brandmotstånd, KBS Fir-A-Belt två timmar. Produkterna ska vid leverans, av tillverkaren, vara försedd med märkning. KBS Pipeséal typ M är godkänd för rör med en diameter som är betydligt mindre än den själv.

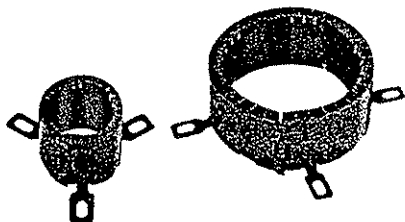
Produkterna är okänslig för gaser och tyckskillnader, fukt, damm, kemikalier m.m. Användningsområden för KBS Pipeséal är bl.a. inom kärnkraftverk, sjukhus, industrier, så väl som i fastigheter. Produkterna har i dagsläget utsatts för utomhusprovning in 15 år. De kan därför anges ha en mer eller mindre oändlig livslängd.

Anmärkning: Provningsmetoderna tar inte upp rökspridning inuti rör utan håller sig enbart till brandspridningen.

Kostnad: KBS Pipeséal typ M kostar, för ett 100 mm rör, ca 1200 kr/st. KBS Fir-A-Belt kostar för samma dimension 300 kr/st. Priset inkluderar infästning.

Produkt: Intumex RS 10

Silicone Trading
Olof Askelunds Gata 7
421 30 Västra Frölunda
Tfn: 031-49 73 30
Fax: 031-49 38 30



Funktion och krav: Intumex RS 10 är en plaströrsstrypare som monteras en på var sida den brandavskiljande konstruktionen. Stryparen består av en metallcylinder innehållande Intumex L i flera lager, anpassad efter rördiametern. Intumex L är ett tätningsmaterial, se bilaga 4, som vid temperatur kring 150 °C börjar expandera. Materialet expanderar ca 10 gånger sin ursprungliga tjocklek, om den inte är förhindrad. Då byggs istället ett tryck på 10 bar upp inuti förslutaren.

Montering och installation: Stryparen monteras enkelt med hjälp av bormaskin och skruvmejsel. Enligt SITAC ska montage ske i väggar och bjälklag av betong, lättbetong eller tegel samt i gipsskiveväggar. Eventuella glipor mellan vägg och rörstrypare tätas med Intumex MW. Det består av samma material som Intumex L fast i pastaform.

Klassificering och provning: Högsta brandtekniska klass är EI 60. Intumex RS 10 har provats av SITAC och har numret 1784/96. Produkten provas nationellt och internationellt enligt ISO 834 (ISO, 1992) och SS-ENISO 9001 (ISO, 1994). Distributören ska märka produkten vid leverans.

Underhåll: Inget behov.

Anmärkning: Det krävs värme för att förslutaren ska fungera. Produkten kan därför inte förhindra kall brandgas att passera inuti röret. Tiden innan 150°C uppnås avgör hur mycket rökgaser som förmår passera genomföringen.

Kostnad: Priset för en stycken plaströrsstrypare Intumex RS 10 ligger på ca 700 kr/st.

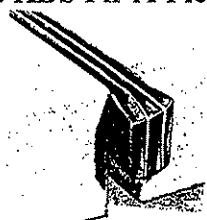
Produkt: KBS Fir-A-Flex och Intuflex 957

KBS System

Drottninggatan 15

Tfn: 031-13 82 50

Fax: 031-13 87 97



KBS Fir-A-Flex

Funktion och krav: KBS Fir-A-Flex och Intuflex 957 är tättningslister för öppningar med eller utan rörelse. Fir-A-Flex är uppbyggd av cellgummilaminat med mellanliggande skikt av expanderande grafitmaterial medan Intuflex 957 består av en blandning av gummi och grafitmaterial. Cellgummits funktion är att ta upp rörelser samt föra in värme till grafitmaterialet. När grafitmaterialet erhåller en temperatur av ca 100 °C, börjar det svälla. Jämfört med sin ursprungliga tjocklek sväller det ca 50 gånger. Det bildas en cellstruktur som avger inerta gaser vilka släcker branden vid genomföringen. Fir-A-Flex finns för glapp upp till 45 mm. Intuflex 957 börjar svälla vid ca 200 °C och expanderar ca 20 gånger sin ursprungliga tjocklek. Listan finns i tjocklekarna 1,5mm och 3 mm. Intuflex 957 kan fås som band, skivor eller format efter önskad geometri.

Montering och installation: Montering av listerna sker enkelt med hjälp av plastlim eller görs självhäftande. För hållfastare montage rekommenderas att listan nitas eller spikas fast. Det räcker med att listerna fästs på en sida. Fir-A-Flex bör monteras något hopklämt för att vid brand på ett följsamt sätt anpassas efter tätobjektet.

Klassificering och provning: Brandtest har utförts och brandklassningen beror av tätningstens tjocklek och bredd. Fir-A-Flex och Intuflex 957 är idag inte typgodkända i Sverige. I den framtida europanormen kommer hänsyn tas till brandklassning av springor och glapp. Fir-A-Flex och Intuflex 957 har likt övriga KBS produkter idag utsatts för utomhustest i 15 år. De är resistent mot vatten och varierande kemikalier. Fir-A-Flex har provats nationellt och internationellt. De tillämpade provmetoderna är ISO 834 (ISO, 1992) och prEN1366 (CEN, 1992). Enligt provning har 4 timmars brandmotstånd uppmätts.

Anmärkning: Fir-A-Flex behöver en fast kontaktyta för att kunna klämmas ihop och vid brand ta upp rörelse.

Underhåll: För att kunna garantera ett bra brandskydd måste KBS Fir-A-Flex och Intuflex 957 kontinuerligt kontrolleras. Då listerna av det dagliga användandet kommer att slitas, är det nödvändigt att de byts ut den med jämna mellanrum.

Kostnad: Priset på Fir-A-Flex och Intuflex 957 beror av tjocklek och bredd. Ett cirkapris för Intuflex är 5-10 kr/m. Fir-A-Flex ligger på 25 kr/m. Listan avpassas efter beställarens önskemål.

Produkt: Intumex L

Silicone Trading
Olof Askelunds Gata 7
421 30 Västra Frölunda
Tfn: 031- 49 73 30
Fax: 031- 49 38 30

Funktion och krav: Intumex L är en hård tättningslist med en tjocklek på 2,5 mm. Den är uppbyggd av grafitmaterial sammansatt med akryllim som vid temperaturer kring 150 °C börjar expandera. Vid 250 °C har materialet uppnått maximal expansion och då svälld ca 10 gånger sin ursprungliga tjocklek. Tättningslisten klarar en belastning av 80 °C utan att börja expandera. Det tryck som byggs upp vid expansion är ca 10 bar.

Intumex L kan beläggas med olika material efter önskemål. Den kan göras självhäftande, plastbeläggas, aluminiumbeläggas och cellplastbeläggas. Aluminiumbelagd Intumex L klarar större slitage.

Montering och installation: Listen monteras på plats med de självhäftande material för att sedan skruvas eller poppnitas på plats. Det krävs ingen montör för montagearbetet.

Klassificering och provning: Intumex L är typgodkänd. Materialet har varit utsatta för utomhustest i minst 5 år och är anpassade för olika miljökrav ställda i Tyskland. De klarar påverkan av is, hög luftfuktighet, värme, UV-strålning, industrimiljöer så väl som tropiska miljöer.

Underhåll: Kräver inget direkt underhåll. Nedslitet material måste vid behov bytas för att upprätthålla sin funktion. Produkten har ca 10 års åldersbeständighet och vattentäthet. Det som kan minska livslängden är om materialet utsätts för slitage.

Anmärkning: Skruv och poppnit ska vara av stål och absolut inte av aluminium då denna bara klarar temperaturer upp till 650 °C.

Kostnad: Cirka priset för en skiva Intumex L anses ligga på ca 1200 kr/m². Priset variera med storleken och beläggning av skivan. Den avpassas efter beställarens önskemål.

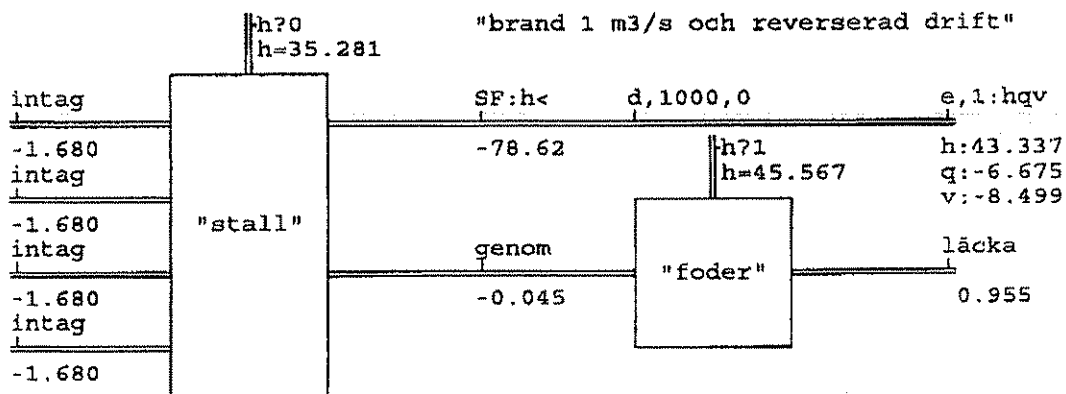
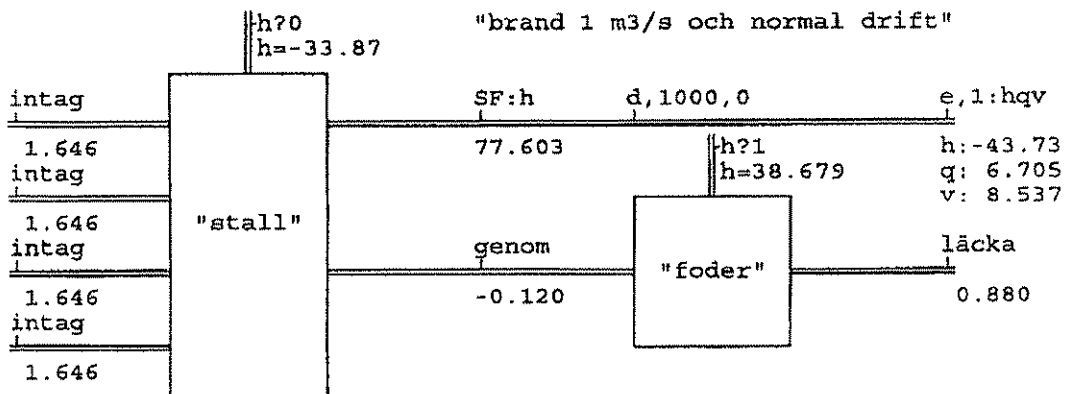
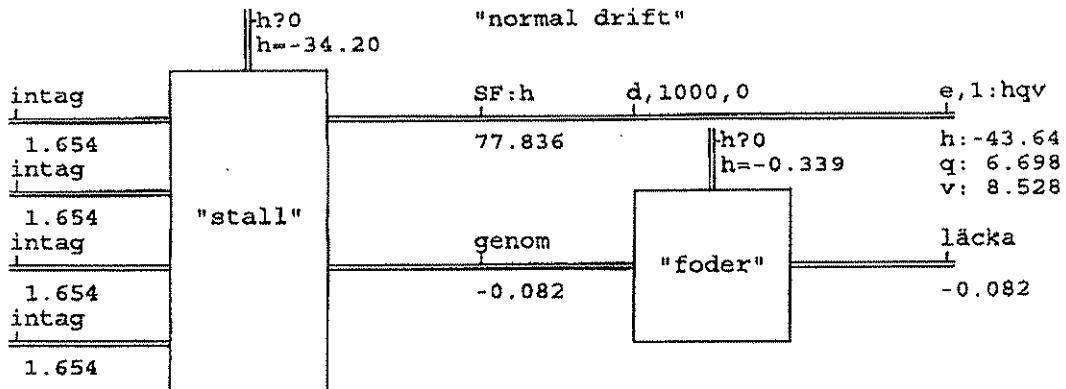
Utskrift från en simulering med datorprogrammet PFS

Bilaga 5

1 (2)

" pfs.dat

```
begin
flow      m3/s
pressure  Pa
fan SF 180:2 150:4 100:6
set intag=t,50,2:q
set genom=t,50,0.1:q
set läcka=t,50,1:q
```



end block 1 problems 3 elements 30

Textförklaringar

fan SF 180:2 150:4 100:6 [Pa: m³/s].

set intag = t, 50, 2:q [Pa, m³/s].

set genom = t, 50,0,1:q [Pa, m³/s].

set läcka = t, 50,1:q [Pa, m³/s].

SF - Fläkt, tryck, [Pa]

genom - Genomföring mellan foderrum och stall, flöde [m³/s].

intag - Läckage, tilluftsöppningar m.m. jämnt fördelade i stallet, flöde [m³/s].

q - Flöde, [m³/s].

v - Hastighet, [m/s].

h - Tryck, [Pa].

d - Diameter, [mm].

h?1 - Brandens expansion, flöde [m³/s].

e,1:hqv - Engångstryckfall.

"Normal drift"

Undertryck råder i stallet $h = -34,20$ Pa.

Undertryck råder i foderrummet $h = -0,339$ Pa på grund av stora otätheter i foderrummets klimatskal.

"Brand i m³/s och normal drift"

En fiktiv brand startas med ett flöde på 1 m³/s, h?1.

Ett övertryck skapas i foderrummet, $h = 38,679$ Pa.

Flödet via genomföringar in till stallet ökar, genom = -0,120 m³/s.

Ökat luftflöde in till stallet gör att undertrycket där sjunker.

"Brand i m³/s och reverserad drift"

Fläkten ändrar riktning, SF:h< = -78,62 Pa, och trycker in luft i stallet, där ett övertryck skapas, $h = 35,281$ Pa.

Brandens övertryck ökar, $h = 45,567$ Pa.

I detta exempel räcker inte den reverserade driften till för att helt undvika brandgaser in till stallet, genom = -0,045 m³/s. Genom att stänga några intag skulle flödet i genomföringen bli positivt, dvs inga brandgaser in i stallet.